



Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie Mécanique
Laboratoire de Génie Mécanique et Développement

Thèse de Magister En Génie Mécanique

Option : Construction Mécanique

Présentée par :
TAZI Mohammed
Ingénieur d'état en Génie Mécanique de l'ENP

Intitulé

Etude du comportement dynamique du monument national

Devant le jury composé de

Président :	Mr SMAILI Arezki	Professeur	ENP
Rapporteur :	Mr RECHAK Said	Professeur	ENP
Examineur :	Mr BELKACEMI Smain	Professeur	ENP
	Mr BOUAZIZ Mohamed	Professeur	ENP

ENP 2012

REMERCIEMENTS

Je ne saurai citer l'ensemble des personnes que je souhaite remercier pour leur aide et leur contribution dans la réalisation de ce travail.

En premier je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de thèse le Professeur Said RECHAK pour ses orientations, son soutien et son infaillible insistance pour l'aboutissement de ce travail.

Je tiens beaucoup à remercier Mr Omar KHEMICI PhD qui m'a dirigé dans cette étude en me donnant les grands axes de recherche et m'a fait bénéficier de son expérience dans la conduite des mesures expérimentales. Outre ses qualités scientifiques, je le remercie aussi pour sa disponibilité, sa gentillesse et sa sensibilité.

Comme je tiens à remercier le Colonel DAMOU qui m'a fait profiter des moyens de son laboratoire à l'EMP (ex ENITA) et qui a contribué à aplanir toutes les difficultés qui entravaient l'avancement de ce travail.

Que le Professeur Arezki SMAILI, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury trouve ici tous mes remerciements.

Comme je remercie le Professeur Mohamed BOUAZIZ pour ses précieux conseils et d'avoir accepté d'être examinateur dans ce jury.

Mes remerciements et ma gratitude vont également au Professeur Smain BELKACEMI pour avoir accepté d'être examinateur dans le jury. J'ai eu l'occasion de profiter de son esprit pédagogique, de sa vaste culture, ainsi que de ses inlassables encouragements.

Que tous mes amis et proches qui m'ont beaucoup aidé et soutenu trouvent ici ma sincère gratitude.

RESUME

ملخص

الدراسة الديناميكية للهياكل العالية توفر لنا معرفة الترددات الذاتية و موجات اهتزازاتها و بالتالي التنبؤ بتجاوب هذه الهياكل عند تعرضها لإثارة خارجية. الحسابات بواسطة العناصر المتناهية تمكن من تمثيل هذا التصرف الاهتزازي و لكن القياسات الميدانية هي الوحيدة التي يمكنها أن تعطينا القيم الحقيقية وتصحح الحسابات. في إطار هذا العمل قمنا بتسجيل هذه القياسات على نصب مقام الشهيد و تحليلها. ما مكننا من إيجاد مجموع المكونات التذبذبية في رد الهيكل.

كلمات مفتاحية: القياسات الميدانية ، الرد الديناميكي ، الإثارة ، التحليل الاهتزازي ، التوترات الذاتية ، العناصر المتناهية.

Résumé

L'étude du comportement dynamique des hautes structures nous fournit les fréquences propres et modes de vibrations de celles-ci et par suite prédire leur comportement futur face à une excitation externe. Les calculs par éléments finis permettent de simuler numériquement ce comportement, mais seules les mesures in situ sur le modèle réel peuvent nous informer exactement et valider les calculs. Dans le cadre de ce travail, la réponse vibratoire du Monument National (le Sanctuaire du Martyr) à l'effet du vent et des excitations ambiantes, est enregistrée et analysée. Elle nous permet de trouver l'ensemble des composantes fréquentielles de la réponse de la structure.

Mots clés: Mesures in situ, réponse dynamique, excitation, analyse vibratoire, fréquences propres, éléments finis.

Summary

The study of the dynamic behavior of high structures provides us the natural frequencies and vibration modes and therefore predicts their future behavior against an external excitation. The finite element calculations have been used to simulate numerically this behavior, but only in situ measurements on the actual model can accurately inform us and validate the calculations. As part of this work, the vibrational response of the National Monument (the Martyr's Shrine) to the wind and ambient excitations, is recorded and analysed. It allows us to find all the frequency components of the response of the structure.

Keywords: In situ measurements, dynamic response, excitation, vibration analysis, natural frequencies, finite element.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
RESUME	ii
TABLE DES MATIERES	iii
NOTATION ET SYMBOLES UTILISES.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vii
CHAPITRE I : INTRODUCTION ET ETAT DE L'ART.....	1
I.1 Généralités:.....	1
I.2 Tests de vibrations libres:.....	2
I.2.1 Test à dispositif de rappel dit de "lâcher" (pull-back):.....	2
I.2.2 Test de vitesse initiale:	3
I.3 Tests de vibrations forcées:	3
I.3.1 Test à excitation sinusoïdale stationnaire:	3
I.3.2 Test à excitation sinusoïdale variable:.....	6
I.3.3 Excitation par mouvement de personnes:	6
I.4 Tests à excitation transitoire:	7
I.4.1 Les séismes:	7
I.4.2 Le vent:.....	8
I.4.3 Les explosions:	9
I.4.4 Les microondes:	9
I.5 Conclusion:.....	10
CHAPITRE II : DESCRIPTION GENERALE DE LA STRUCTURE.....	12
II.1 Présentation :	12
II.2 Fondations :	13
II.3 Jambes :.....	14
II.4 Rotule :.....	14
II.5 La partie basse :	15
II.6 La partie médiane :	16
II.7 La partie haute :	19
CHAPITRE III : MODELISATION NUMERIQUE	20
III.1 Généralités :	20
III.2 Modélisation simplifiée :	21
III.3 Modélisation détaillée :.....	22

III.3.1 Introduction.....	22
III.3.2 Système d'axes :.....	22
III.3.3 Propriétés des matériaux :.....	23
III.3.4 Modélisation des jambes:.....	23
III.3.5 Modélisation du porte-à-faux :.....	24
III.3.6 Diaphragmes 5, 6, 7 et 8 :.....	24
III.3.7 Diaphragmes 9, 10, 11, 12, 13 et 14 :.....	25
III.3.8 Diaphragmes 15, 16, et 17 :.....	25
III.3.9 Niveaux 18 à 22:.....	26
III.3.10 Niveaux 23 à 27:.....	26
III.3.11 Maillage de l'ensemble de la structure :.....	26
III.4 Conclusion	28
CHAPITRE IV : ETUDE EXPERIMENTALE.....	30
IV.1 Introduction :.....	30
IV.2 Le modèle réduit :	30
IV.2.1 Importance du modèle réduit	30
IV.2.2 Réalisation du modèle réduit :.....	31
IV.2.3 Impossibilité de l'utilisation du modèle réduit :.....	31
IV.3 Etude Expérimentale in situ :.....	32
IV.3.1 Introduction :.....	32
IV.3.2 Appareillage utilisé :.....	34
IV.3.3 Description de la procédure de mesure :.....	35
IV.3.4 Traitement et analyse :.....	36
IV.3.5 Relevés expérimentaux et interprétation :.....	39
IV.3.5.1 Effet du système de climatisation :.....	39
IV.3.5.2 Domaine des fréquences recherchées :.....	40
IV.3.5.3 Effet du mouvement des ascenseurs :.....	42
IV.3.5.4 Effet du bruit électronique :	44
IV.3.5.5 Réponse de la structure aux niveaux 21 et 22 :.....	44
IV.3.5.6 Réponse de la structure aux niveaux 20 et 22 :.....	46
IV.3.5.7 Réponse de la structure aux niveaux 19 et 22 :.....	47
IV.3.6 Conclusion.....	48
CONCLUSION GENERALE	51
BIBLIOGRAPHIE.....	53
ANNEXES	12

NOMENCLATURE

A, a_n, b_n : coefficients scalaires

$C(\tau)$: le cepstre d'un signal

$[C]$: matrice d'amortissement

$E(X)$: l'Espérance mathématique

f : fréquence = 1/période [Hz]

$\{ F \}$: vecteur charge appliquée

$F(x(t))$: transformée de Fourier d'un signal

$F^{-1}(X(f))$: transformée de Fourier inverse d'un signal

f_e : fréquence d'échantillonnage

F_{max} : Force maximale

i : partie imaginaire d'un complexe

j : indice

$[K]$: matrice de rigidité

m : masse du balourd

m_x : la moyenne statistique

$[M]$: matrice masse

N : nombre entier. nombre d'échantillons temporels et fréquentiels (durée du signal).

n : nombre entier

P_x : la densité spectrale de puissance a pour définition

$Rect_N(f)$: filtre en fréquence du spectre théorique

$rect_N(k)$: : filtre en fréquence du spectre théorique discrétisé

R_{xx} : .l'auto covariance

T : période [seconde]

t : temps [seconde]

$Var(X)$: variance

$\{ X \}$: vecteur déplacement

$X(f)$: amplitude du signal vibratoire en fonction de la fréquence

$x(k)$: amplitude du cepstre

$x(t)$: amplitude déplacement du signal en fonction du temps

X_n : représentation du signal dans le domaine fréquentiel discrétisé

$X_N(f)$: amplitude du signal vibratoire en fonction de la fréquence discrétisée

$x_N(k)$: amplitude discrétisée du cepstre

$\{ \dot{X} \}$: vecteur vitesse

$\{ \ddot{X} \}$: vecteur accélération

Δf : période d'échantillonnage en fréquence

Σ : l'écart type

τ : retard [seconde]

φ_n = phase du signal

$\varphi_{xx}(\tau)$: La fonction d'autocorrélation

ω : vitesse angulaire de rotation

LISTE DES FIGURES

Figure I- 1 : Principe de l'excitateur à balourds avec 2 masses.	4
Figure II- 1 : Vue d'ensemble des différentes parties d'une palme.	12
Figure II- 2 : Détails des fondations d'une palme.	13
Figure II- 3 : Détail d'une jambe, une rotule et le porte à faux.	14
Figure II- 4 : Structure type d'une section de palme dans la partie inclinée.	15
Figure II- 5 : Diaphragmes 5 à 9 dans la partie inclinée.	16
Figure II- 6 : Portion d'une section au niveau de la tourelle centrale.	17
Figure II- 7 : Point de jonction des trois palmes.	17
Figure II- 8 : Détails des sections de palmes, des diaphragmes 16 et 17 au niveau 21.	18
Figure II- 9 : Détail de la coupole.	18
Figure II- 10 : Coupes des différents niveaux de 22 à 27.	19
Figure III- 1 : Modèle MEF constitué d'éléments outres et de masses concentrées.	21
Figure III- 2 : Maillage type d'un niveau de palme avec numérotation des éléments.	22
Figure III- 3 : Modélisation de la rotule.	23
Figure III- 4 : Modélisation des éléments au niveau de la jambe.	24
Figure III- 5 : Vue de profil du maillage d'une palme.	27
Figure III- 6 : Vue de dos du maillage d'une palme.	28
Figure IV-1 : Les positions A, B, C, D des capteurs.	33
Figure IV-2 : Dispositif de mesure.	34
Figure IV-3 : Signal temporel enregistré à la base de l'armoire de climatisation.	39

Figure IV-4 : Auto spectre du signal avec des amplitudes logarithmiques et linéaires.	40
Figure IV-5 : Le spectre du même signal sur les domaines de fréquence	
a) 0 - 50 Hz, b) 0 - 25 Hz et c) 0 - 12,5 Hz.	41
Figure IV-6 : Le Signal temporel dû à l'ascenseur au niveau 21 (au-dessus)	
et au niveau 18 (en-dessous).	42
Figure IV-7 : Spectre de fréquence avec effet d'ascenseur aux niveaux 21 et 18.	42
Figure IV-8 : Signal temporel sans perturbations aux niveaux 21 (au-dessus)	
et 18 (en-dessous).	43
Figure IV-9 : Spectre de fréquence sans effet d'ascenseur aux niveaux 21 et 18.	43
Figure IV-10 : Spectre fréquentiel dû à l'appareillage électronique et aux câbles	
électriques de connexion.	44
Figure IV-11 : Spectre fréquentiel aux niveaux 21 au-dessus et 22 au-dessous.	45
Figure IV-12 : Spectre fréquentiel aux niveaux 22 (au-dessus) et 20 (au-dessous).	46
Figure IV-13 : Spectre fréquentiel aux niveaux 22 (au-dessous) et 19 (au-dessus).	47

CHAPITRE I

INTRODUCTION ET ETAT DE L'ART

I.1 Généralités:

L'étude du comportement statique et dynamique des structures de grandes hauteurs a toujours été d'une importance primordiale. Les constructions de plus en plus hautes et les phénomènes de séismes et ondes de choc ont incité les chercheurs à mettre au point des modèles analytiques ou numériques pour répondre aux problèmes posés par l'analyse des problèmes de dynamique de telles structures.

Cependant ces modèles d'analyses analytiques ou numériques demeurent toujours théoriques. Ils restent dépendants des vérifications expérimentales. Ces dernières permettent de juger de la justesse, de la précision et des limites des différentes méthodes analytiques. Elles constituent ainsi un point de repère qui permet d'améliorer les différentes méthodes actuelles.

Afin de bien mener à terme l'étude expérimentale du comportement dynamique d'une structure, différentes méthodes ont été mises au point ([ABD,85], [BER,88], [BOU,73], [CHO,10], [DAW,70], [FEL,10], [HAR,75], [HUD,64], [KIR,77], [LEE,87], [PAQ,76], [WIL,92]). La méthode la plus convenable est choisie en fonction de la structure considérée, des moyens dont on dispose ainsi que des paramètres recherchés. Pour éviter d'engendrer des défauts dans la structure, seuls les tests ne faisant intervenir que des petits déplacements sont utilisés. On demeure ainsi dans le domaine linéaire pour éviter tout dommage à la construction. Les essais dans le domaine non linéaire ou destructifs ne sont utilisés que sur des modèles réduits ou sur des constructions qui seront détruites par la suite.

Les principaux tests dynamiques peuvent être classés en trois grandes catégories :

les tests de vibrations libres à déplacement initial ou à vitesse initiale ;

les tests de vibrations forcées à excitation sinusoïdale stationnaire ou variable, à excitation par mouvement humain, ou à excitation transitoire tels que les tremblements de terre, les chocs, les explosions, le vent, etc....

les tests de table vibrante.

Nous allons donner dans ce qui suit une description de chaque type de tests ainsi que ses utilisations les plus spécifiques.

I.2 Tests de vibrations libres:

I.2.1 Test à dispositif de rappel dit de "lâcher" (pull-back):

Il consiste en la déformation d'une structure en tirant sur elle à l'aide d'un câble qui est relâché brusquement. Ceci entraîne des vibrations libres de la structure autour de sa position d'équilibre dans un seul plan.

En enregistrant ces vibrations en fonction du temps, la période est directement déterminée d'après la répétition du mouvement. D'autre part à cause de la dissipation d'énergie dans la structure, les vibrations sont amorties et leurs amplitudes vont en décroissance. Ceci permet de calculer l'amortissement à partir du rapport des amplitudes d'un certain nombre de cycles successifs.

Comme on peut le constater, seule la fréquence fondamentale est enregistrée dans de tels tests. Mais étant donné que l'excitation est à large bande, il arrive que plusieurs modes de vibration puissent être excités en même temps si leurs périodes sont rapprochées. Le mouvement peut aussi présenter un phénomène de battement pour des structures ayant une certaine symétrie; ce qui ne donnerait aucun sens à une mesure de l'amortissement.

De tels tests ont été effectués sur de nombreuses structures telles que: château d'eau (Carder 1965), pylônes en acier (Cloud 1963), cheminées et bâtiments (Brahim 1960) [BOU,71].

Une variante de cet essai consiste à fixer au sommet de la construction une corde que tire un groupe de personnes de chaque côté de la construction de façon rythmée. Le rythme est augmenté graduellement jusqu'à ce que la résonance soit observée et les amplitudes maximales atteintes. La corde est alors lâchée brusquement et le mouvement enregistré.

Ces essais demandent peu d'équipements et sont de ce fait peu coûteux et très utilisés. Ils sont en général appliqués à des structures élancées telles que les mâts, cheminées, tours, châteaux d'eau, etc.... ([BAR,99], [BEN,86], [BOU,66], [BRO,87], [CAR,88], [JAM,92], [LEE,91]).

I.2.2 Test de vitesse initiale:

Des vibrations libres peuvent aussi être provoquées sur une construction par une vitesse initiale au lieu d'un déplacement initial. Ceci peut être réalisé par des impulsions causées par des corps qui tombent, des coups de marteau, des cartouches explosives, ou de petites fusées tirées du sommet de la construction.

Dans de tels tests, la durée de l'impulsion doit être relativement courte par rapport aux périodes naturelles des modes les plus significatifs; pour que le mouvement résultant soit plutôt dû à l'impulsion (vitesse initiale) qu'à la force.

HUDSON [HUD,64] cite l'exemple d'une cheminée de 137 m de hauteur et 11 m de diamètre au sommet de laquelle étaient tirées des séries de 6, 12 et 18 fusées dans une même direction transversale. On obtenait une sinusoïde amortie d'où étaient tirés la période et l'amortissement.

I.3 Tests de vibrations forcées:

Ce sont les essais les plus usités parce qu'ils donnent en général les informations les plus complètes. Ils sont classés selon le type d'excitation.

I.3.1 Test à excitation sinusoïdale stationnaire:

Il consiste à appliquer à la structure une variation sinusoïdale d'une force dont la période est maintenue constante pendant l'enregistrement du mouvement résultant de la structure. On fait ensuite varier progressivement la fréquence en relevant l'amplitude et la phase du mouvement. En raison du faible amortissement des structures, un balayage très long doit être utilisé. En mesurant ainsi l'amplitude du mouvement de la structure à des périodes variables couvrant tout le domaine des périodes naturelles de la structure, on détermine les pics de résonance. A partir de ces pics de résonance sont déterminés les périodes propres et les amortissements. De nombreux travaux ont porté sur ce sujet. ([CAM,82], [CHO,10], [ENG,67], [KIR,77], [MAR,75], [RIC,87], [SCH,80], [TAS,88], [WIL,90]).

C'est la méthode la plus directe et la plus efficace. Elle est la mieux désignée pour des structures complexes puisqu'elle permet de maintenir, aussi longtemps qu'il est nécessaire, la vibration de la structure sur le mode recherché; ce qui est très important lors des déplacements des capteurs pour la définition d'une déformée. Cette méthode a aussi l'avantage de permettre la détermination de la flexibilité avec précision, du fait que la force d'excitation est parfaitement connue.

Pour ces essais on utilise un générateur de vibrations à mouvement longitudinal ou de rotation. Ce dernier est le plus utilisé pour les structures de génie-civil ([HUD,64], [TAS,88]). Il travaille selon le principe de balourds: deux masses excentrées sont animées d'un mouvement de rotation autour d'un même axe vertical dans des directions opposées (figure I.1). Quand la machine est correctement ajustée, elle transmet uniquement une force rectiligne sinusoïdale unidirectionnelle qui atteint sa valeur maximale lorsque les deux masses se rencontrent.

Les efforts délivrés sont proportionnels au carré de la fréquence et nécessitent des ajustements de balourds lors d'un balayage de fréquence. HUDSON [HUD,64], remplaça les deux masses par des nacelles où sont placées les masses nécessaires pour agir ainsi sur la force produite par l'excitateur. Un système électronique agit sur le moteur électrique d'entraînement pour régler la vitesse.

Un tel excitateur a une grande stabilité de rotation, ne produit pas d'harmoniques et ne nécessite qu'une faible puissance. On peut aussi synchroniser plusieurs appareils de ce type pour provoquer l'effort nécessaire pour engendrer un mouvement perceptible. Grâce à son effet de volant, il est le mieux adapté aux structures lourdes et importantes et de fréquences de résonance relativement faibles (0,3 – 10 Hz) comme c'est le cas des constructions de génie-civil. Il est utilisé pour l'excitation d'immeubles ([ENG,67], [PAQ,78], [RAO,99], [WIT,82]), de bâtiments tours ([GRA,00], [INM,07], [WEN,75]), de constructions métalliques ([BOU,66], [GUN,80]), de barrages ou même pour l'étude du sol [HAR,88].

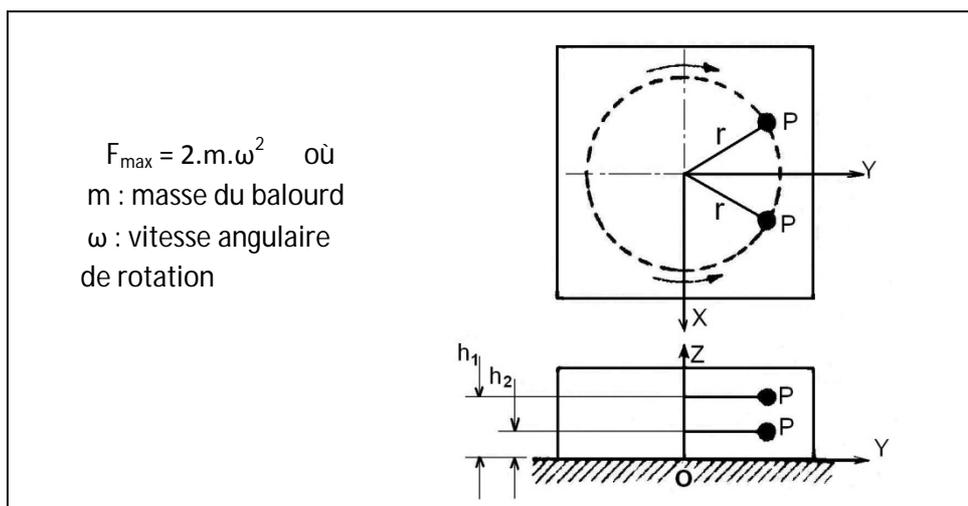


Figure I-2 Principe de l'excitateur à balourds avec 2 masses.

Cependant les excitateurs hydrauliques et pneumatiques à mouvement rectiligne de va et vient peuvent aussi être utilisés [FEL,10] à cause de leur fréquence de travail relativement réduite. Ainsi une masse de 1360 kg entraînée par un système hydraulique dans un mouvement de va et vient au 48e étage d'un immeuble tour de 60 étages a permis de mettre le bâtiment en mouvement, et de descendre à des fréquences moindres que 0,5 Hz avec des incréments de 0,001 Hz. Ce qui ne fût pas obtenu avec un exciteur à balourds.

Les excitateurs électrodynamiques quant à eux, même de grandes dimensions, ils ne sont utilisés que pour des essais de vibration de structures mécaniques (construction navale, aviation, missiles,...) à cause de leurs composantes fréquentielles élevées.

De façon générale, le choix du type et des dimensions du générateur de vibrations à utiliser dépendent d'un certain nombre de facteurs qui peuvent être résumés comme suit:

le type d'analyse à faire, ce qui va déterminer si on a affaire à une excitation multipoints ou en un seul pivot;

la capacité de déplacement procurée doit être suffisante pour provoquer des déplacements vibratoires mesurables, pour des structures lourdes on peut recourir à plusieurs excitateurs synchronisés;

les fréquences balayées par l'exciteur doivent couvrir l'ensemble de la plage de fréquences naturelles de la structure;

l'exciteur introduit des changements dans les caractéristiques vibratoires de la structure: la masse, la rigidité et l'amortissement introduits par l'exciteur doivent être assez réduits par rapport à ceux de la structure au point de fixation pour être négligés;

la force et la fréquence doivent être facilement contrôlables par l'opérateur, la force restant de préférence constante indépendamment de la fréquence et de l'impédance de la structure;

l'exciteur doit générer une bonne forme d'onde afin d'éviter les harmoniques de la fréquence d'entraînement aux hautes fréquences;

la possibilité de porter et d'installer l'exciteur sur la structure à tester.

Dans tous les cas, l'excitateur doit être placé à un niveau où le déplacement provoqué serait maximal. En pratique, il est généralement placé à un des plus hauts étages ou à la terrasse.

I.3.2 Test à excitation sinusoïdale variable:

Dans les essais de résonance décrits ci-dessus, il est nécessaire de maintenir la fréquence d'excitation à une valeur fixe jusqu'à ce que tous les mouvements transitoires aient disparus et qu'un état stationnaire soit établi. Ceci pose des difficultés pratiques de maintien de fréquences fixes et exige un appareillage de contrôle relativement complexe.

L'idée fût alors de faire fonctionner l'excitateur jusqu'à une fréquence plus élevée que les fréquences propres du système et de couper ensuite l'énergie d'entraînement pour laisser l'excitateur décroître lentement en fréquence jusqu'à l'arrêt total. Il va ainsi décrire de façon continue toutes les composantes fréquentielles. En réponse, la structure aura une réponse d'amplitude appréciable à chacune de ses périodes naturelles.

Les pics de résonance n'auront pas une allure aussi grande que dans une courbe de résonance d'état stationnaire et la détermination précise de l'énergie de dissipation devient alors beaucoup plus difficile. Une autre difficulté est l'apparition du phénomène de battements pour des systèmes légèrement amortis; ce qui laisserait supposer des pics qui ne le sont pas réellement.

L'intérêt de ces essais est l'absence d'un contrôle de vitesse élaboré et la rapidité avec laquelle ils sont réalisés. De ce fait ils sont utilisés comme essais préliminaires pour déterminer les domaines de fréquences dans lesquels des études d'état stationnaire plus détaillées doivent être faits; et constituent ainsi une première étape importante dans les essais vibratoires.

I.3.3 Excitation par mouvement de personnes:

Par manque d'équipement ou pour des conditions d'accès difficiles, les tests dynamiques de certaines constructions peuvent être menés grâce à des excitations provoqués par des mouvements d'êtres humains. Ce qui est possible malgré qu'il parait improbable de générer des forces d'inerties capables d'exciter d'aussi grandes structures.

L'idée naquit lorsqu'il a été constaté que les mouvements d'opérateurs au sommet d'une tour produisent un mouvement mesurable [HUD,64].

Lorsque l'opérateur fait des mouvements en synchronisme avec la période naturelle de la structure il provoque un mouvement de celle-ci. Arrivé à la résonance, il arrête son mouvement et laisse la structure accomplir librement des vibrations libres amorties qui sont enregistrées. De la même façon plusieurs modes peuvent être étudiés. Selon la construction, ce type d'excitation peut être réalisé par une ou plusieurs personnes montées sur la structure ou tirant sur elle à l'aide de câbles ou par toute autre forme d'application de forces humaines synchronisées [ČAU,87].

Cette méthode est en général utilisable dans le cas de structures élancées de rigidité relativement réduite. Elle est tout à fait désignée pour les faibles amplitudes et les basses fréquences. La plupart des essais où elle a été appliquée concerne les tours, les mâts et les constructions métalliques. Cependant elle fût même utilisée pour exciter un bâtiment de 5 étages en béton ([UDW,73], [WIL,83]).

I.4 Tests à excitation transitoire:

Ces tests ne font intervenir que des charges limitées dans le temps telles qu'une impulsion produite par un coup, une explosion ou une onde [WOO,92]. De par leur nature brève, les séismes peuvent aussi être classés dans cette catégorie et sont un moyen efficace d'excitation des constructions les plus diverses. Avec le vent, ils constituent les types les plus importants de cette catégorie de tests.

I.4.1 Les séismes:

Malgré leurs effets dévastateurs et meurtriers, les séismes offrent de larges possibilités pour réaliser des tests sur un grand nombre et différents types de structures réelles, l'excitation étant provoquée par le sol lui-même sur une large échelle.

Les calculs dynamiques des structures de génie-civil sont faits en général pour parer aux aléas sismiques. L'intérêt des tests aux séismes est d'autant plus grand qu'ils permettent une meilleure connaissance du phénomène et de ses effets sur les constructions déjà existantes. D'où ils contribuent à l'élaboration de meilleures lois pour les conceptions futures.

Il est donc d'une extrême importance que la préparation avant le séisme et les études après, soient menées de façon à en tirer le maximum d'informations ([KIR,79], [VAN,96]). En prévision du séisme qui arrive toujours à l'improviste, il faut que les constructions les plus caractéristiques soient équipées au préalable du matériel de mesure. En général des

accélérographes sont disposés à différents niveaux de la construction de façon à enregistrer la réponse de la structure ([BAR,99], [BRO,03], [FIL,02], [GAY,97], [HAR,73], [HAR,75], [WIL,83]).

Ces enregistrements ne fourniraient d'amples renseignements que si le signal d'excitation est lui-même enregistré. L'excitation due à un séisme étant d'un caractère aléatoire, il faut que l'accélération du sol soit exactement connue au site de chaque structure testée. Dans ce but, au sous-sol de chaque construction devrait être disposé un accélérographe destiné à mesurer l'accélération du sol. HUDSON [HUD,64] cite l'exemple de nombreux grands immeubles à Los Angeles et San Francisco maintenus ainsi équipés durant de nombreuses années.

L'effet du séisme est aussi estimé par l'étude des changements structuraux intervenus après le séisme. L'idée ici est de mettre en évidence un dommage caché d'une structure causé par un précédent tremblement de terre et ne pouvant se révéler qu'à travers une altération mesurable de la période naturelle. De là vient l'importance des tests dynamiques sur une même structure avant et après un séisme.

I.4.2 Le vent:

L'exemple de la destruction du pont suspendu de Tacoma en 1940 à la suite de fortes oscillations provoquées par le vent, suffit à mettre en évidence l'importance du vent comme source d'excitation même pour des structures assez importantes. C'est une ressource utile et toujours disponible pour l'excitation des hautes constructions ([DAW,70], [ESQ,63]).

Même par un jour relativement calme, il y a généralement assez de coups de vent pour exciter un grand immeuble à des niveaux mesurables. Ils permettent dans les cas courants de mettre facilement en évidence les deux premiers modes de vibration ([JOH,82], [WAR,66]).

De nombreuses analyses dynamiques sont faites en utilisant uniquement l'excitation du vent. Elles portent sur un grand nombre de bâtiments les plus divers, des tours, château d'eau, ponts suspendus, etc. ([FAR,97], [PAQ,79], [WEN,75]). Dans presque tous les cas, les résultats sont confirmés par d'autres types d'analyse.

Ce moyen d'excitation peut interférer avec les autres méthodes (humaine, par excitateur,...), ce qui est néfaste à la procédure. L'opérateur devra donc attendre d'avoir des conditions d'air suffisamment calme pour recueillir des données non troublées.

Pour une bonne exploitation des résultats, il est important d'enregistrer la force excitatrice du vent, afin de pouvoir séparer l'excitation de la réponse de la structure. A cause du bas niveau de l'excitation et de sa nature complexe, on doit faire appel aux différentes techniques de traitement du signal (auto corrélation,...).

La complexité du vent est due non seulement à sa composante fréquentielle non déterminée, mais aussi à sa force variable selon la hauteur et son comportement tourbillonnaire autour des constructions [PAQ,79]. Ceci pose un problème dans le prélèvement de la force du vent agissant sur la construction. L'enregistrement du vent est ponctuel alors que l'action du vent sur une construction est répartie sur la façade et que cette répartition n'est pas uniforme. L'excitation mesurée n'est donc valable qu'au niveau du point de mesure et peut être très différente en un autre point de la même façade. Si l'effet du vent s'exerce sur plus d'une façade son action sera encore plus variable et peut s'étendre de la pression à la succion avec de grandes amplitudes [YAN,81].

On peut encore citer dans ce paragraphe une excitation moins durable que le vent, mais qui est aussi portée par l'air : les ondes de choc. Leur effet se manifeste par l'impact causé par le passage de l'onde. Le cas d'une telle étude se ramène au cas d'excitation par choc [MAG,87], mais il est nécessaire de le vérifier par différents essais.

I.4.3 Les explosions:

Les grands tremblements de terre sont fort heureusement rares, mais les explosions demeurent une source d'excitation du mouvement du sol qui peut être utilisé pour des tests dynamiques. Il a été établi ([BAX,75], [BOU,66], [HAR,88]) que les explosions des grandes carrières provoquent des accélérations du sol comparables en grandeur et en forme d'onde à des mouvements du sol de séisme. De nombreuses études ont été faites sur des structures situées près de carrières ainsi que sur des explosions nucléaires sur des constructions situées à différentes distances.

I.4.4 Les microondes:

L'activité micro sismique du sol et les nombreux points de séisme provoquent un mouvement continu du sol. Ce mouvement est perpétué par les différentes activités humaines : trafic routier, trafic ferroviaire, machines, etc. Quoiqu'en général ces mouvements du sol sont de très basses amplitudes, ils peuvent, moyennant certaines précautions et en utilisant les

méthodes appropriées, être utilisées pour la détermination de certaines propriétés structurales ([BOU,73], [FAR,97], [KAN,04], [KIR,75], [TAO,75], [TAS,88], [UDW,73], [VAN,96]).

Il est très difficile de mesurer cette source d'excitation, du fait qu'elle a le même niveau d'amplitude que le bruit de fond. Mais en comparant différentes mesures, il est possible malgré cela de relever la fréquence fondamentale de la structure considérée.

I.5 Conclusion:

Jusqu'à maintenant les études théoriques et expérimentales ont concerné principalement des structures de types conventionnels tels que bâtiments de grandes hauteurs, cheminées, ou tours de refroidissement pour centrales nucléaires. Rares sont les études se rapportant à des constructions de conception non conventionnelle. A ce titre, le Monument National, le Sanctuaire du Martyre, de par sa hauteur et sa conception architecturale très particulière, constitue un sujet d'étude intéressant. Son étude contribue à une meilleure connaissance du comportement dynamique des hautes structures aux architectures les plus particulières ; ce qui permettra d'affiner les dimensionnements tout en améliorant la sécurité.

Cette étude réalisée sur la structure réelle a pour but de permettre de déterminer les caractéristiques dynamiques de la construction réelle; à savoir essentiellement :

- les fréquences naturelles des vibrations de flexion et de torsion,
- les modes propres correspondants à ces fréquences,
- le coefficient d'amortissement de la structure.

Le travail à effectuer consiste d'une part, à faire des mesures in-situ de la réponse de la structure aux excitations externes, les analyser et en tirer les informations utiles. D'autre part à confronter ces résultats avec les résultats d'un calcul numérique par une méthode analytique, en l'occurrence la méthode des éléments finis en utilisant le code de calcul SAP IV. Dans ce but différentes modélisations de la structure sont faites, dans la limite des moyens de calcul disponibles.

Ce mémoire comporte, outre cette introduction, dans une deuxième partie une description de la géométrie et des caractéristiques de la structure étudiée. La troisième partie détaille la partie expérimentale, en précisant les dispositifs et procédures de mesure ainsi que l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus. La quatrième partie concerne le maillage et l'étude

analytique par éléments finis. Elle comprend les deux modèles de maillages par éléments finis utilisés, les résultats obtenus et leur interprétation. Le travail se termine par une conclusion et une bibliographie.

CHAPITRE II

DESCRIPTION GENERALE DE LA STRUCTURE

II.1 Présentation :

Le Sanctuaire du Martyr qui surplombe la baie d'Alger est une œuvre architecturale spécifique par sa conception et sa réalisation. Elle est composée de trois palmes stylisées

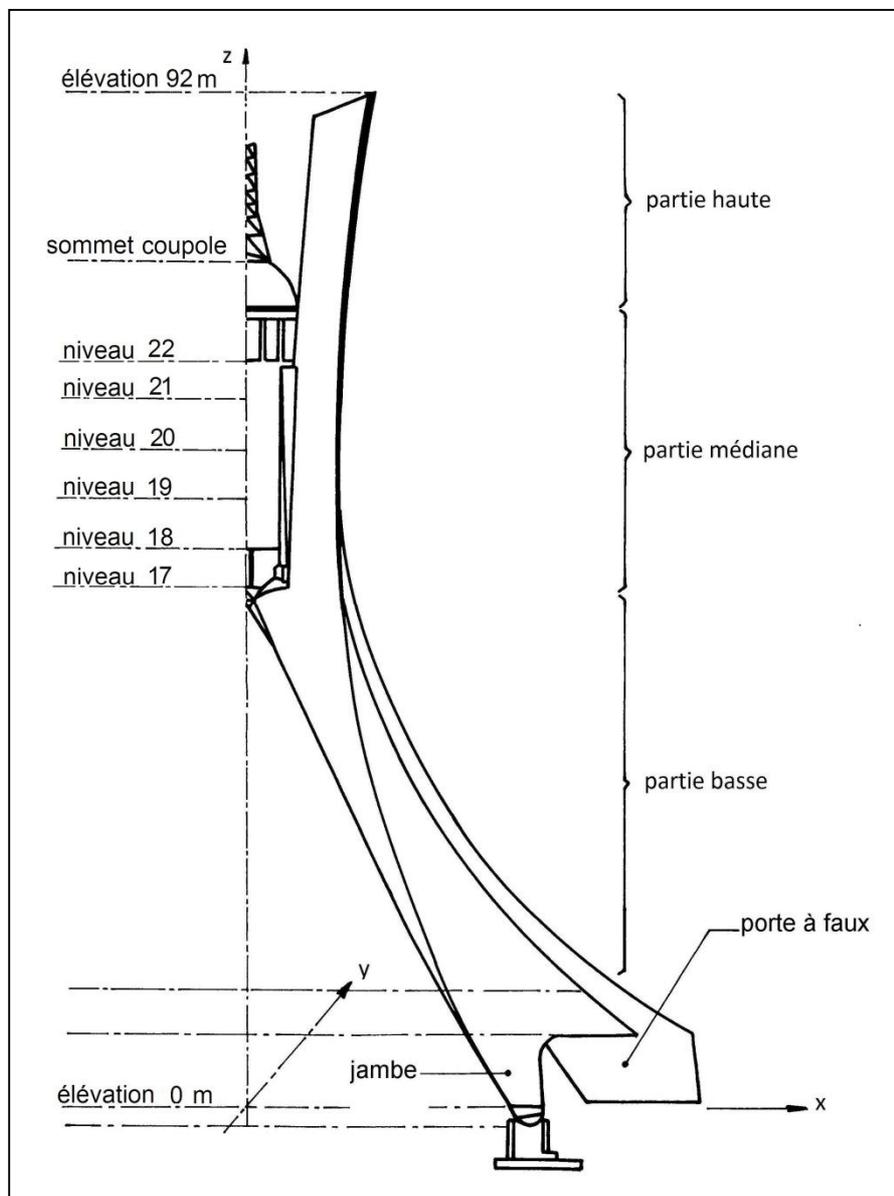


Figure II- 1 : Vue d'ensemble des différentes parties d'une palme.

disposées à 120° l'une de l'autre et se rejoignant vers le tiers supérieur pour former un trépied. La base étant inscrite dans un triangle équilatéral. Ces palmes hautes de 92 mètres entourent et supportent une tourelle de 10 mètres de diamètre et de 25 mètres de hauteur.

Elles sont constituées de voiles en béton armé, reliés par des diaphragmes longitudinaux et transversaux. Elles s'élèvent selon une trajectoire curviligne en se rapprochant les unes des autres jusqu'au point de tangence pour s'écarter ensuite à la partie supérieure. La nervure centrale de ces éléments est évidée ; elle sert de puits d'ascenseur pour deux d'entre eux, et d'escalier métallique pour le troisième. La tourelle supérieure logée entre les trois palmes comporte cinq étages qui se terminent par une coupole. Dans la partie haute, au-delà de la tourelle, les trois palmes se séparent et s'élancent vers le ciel. Chaque palme repose sur les fondations par le biais de deux rotules. La figure II-1 illustre ces différentes parties sur une palme, l'annexe A représente cette palme en coupe longitudinale. Les trois palmes sont parfaitement identiques.

II.2 Fondations :

Les fondations sont montrées à la figure II.2. Les fondations des trois palmes sont reliées les unes aux autres par des semelles filantes. L'ensemble formant un hexagone.

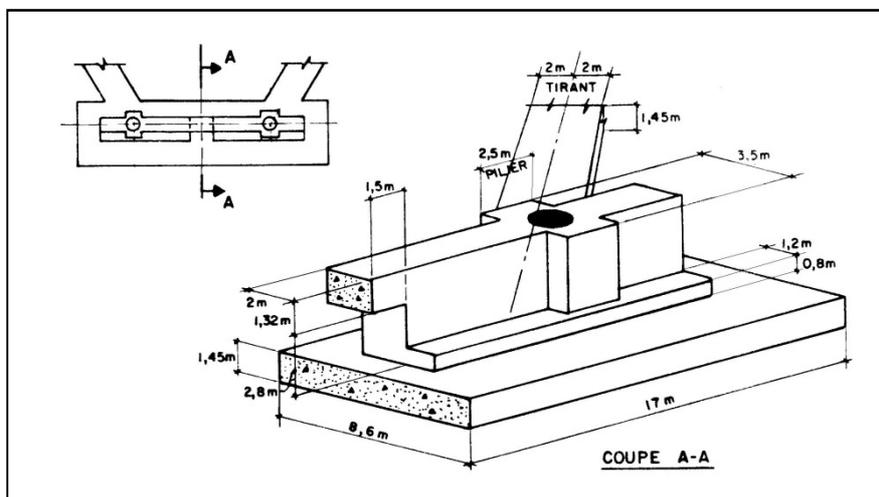


Figure II- 11 : Détails des fondations d'une palme.

Chacune des fondations a des dimensions de $34 \times 8,6 \times 1,45$ m. Chaque palme repose en deux points sur des rotules espacées, centre à centre, de 18,40 m. Un mur de 28 m de long, 2 m de large à son sommet et 4,12 m de haut est placé dans l'axe des rotules sous chaque palme. A sa base, le mur s'élargit de 1,20 m sur 0,80 m de haut. A l'endroit des rotules, le mur s'élargit

pour former un pilier de 2,5 m sur 3,5 m. Au sommet de ces piliers, une calotte métallique concave constitue la partie femelle de la rotule.

II.3 Jambes :

Les jambes se situent de part et d'autre de chacune des palmes et comportent un porte-à-faux à l'arrière (voir figure II.3). Sur ces deux jambes repose l'ensemble de la structure.

En forme d'arche, elles sont faites en béton armé et font en moyenne 2,5 m d'épaisseur. A l'extrémité inférieure, les jambes se terminent par une rotule. La face interne de chaque jambe est en forme d'arche. Entre les deux jambes et en prolongement du noyau central, il y a l'accès aux ascenseurs pour deux palmes ou à l'escalier pour la troisième palme et la niche pour la statue. Même si elle semble reposer sur le sol, cette partie est un véritable porte-à-faux.

Le porte-à-faux comporte entre autres les diaphragmes 3 et 4. Les murs latéraux de part et d'autre du diaphragme 4 servent de connexion entre les jambes et le reste de la structure. La partie de la niche a été coulée après le basculement des palmes. La niche est de forme cylindrique avec un rayon de 2,00 m.

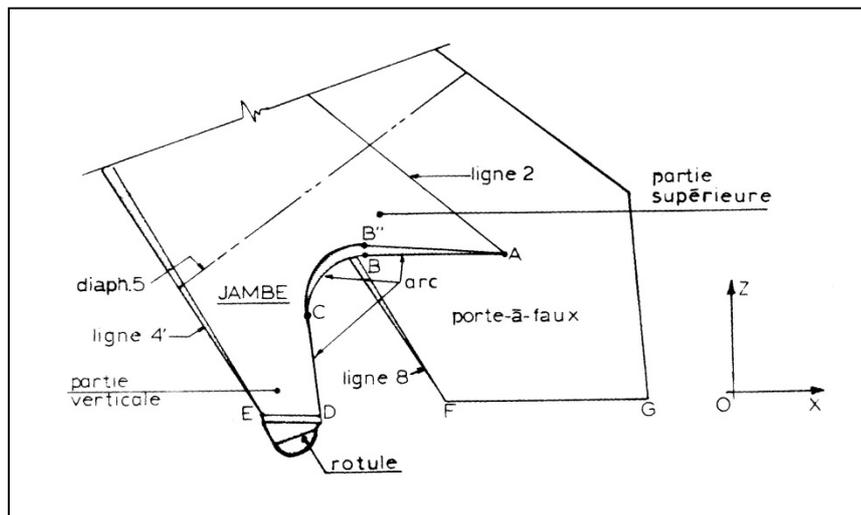


Figure II- 12 : Détail d'une jambe , une rotule et le porte à faux.

II.4 Rotule :

La méthode de construction a été basée sur le bétonnage à la verticale des palmes jusqu'à la moitié de leur hauteur, ensuite de les faire basculer d'un angle de $33,4^\circ$; ce qui a nécessité

l'utilisation de rotules. Chaque rotule est construite en béton armé blindé par une calotte métallique convexe ayant un rayon de 1,17 m.

II.5 La partie basse :

La partie basse du monument part des jambes et va jusqu'à la partie médiane (voir figure II.1). Chacune des palmes est inclinée d'un angle de $33,4^\circ$ par rapport à la verticale. Chaque palme est constituée d'un élément central qui sert de puits d'ascenseur ou d'escalier et de deux ailes situées de part et d'autre de cet élément central.

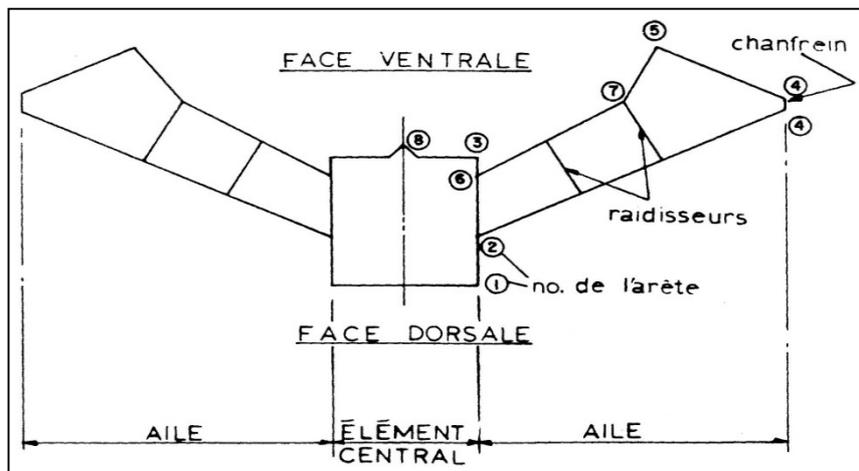


Figure II-13 : Structure type d'une section de palme dans la partie

La coupe de la figure II.4, montre ces éléments. Cette partie basse a été bétonnée en position verticale par modules de quatre mètres, chacun se terminant par un plancher ou "diaphragme" incliné de $33,4^\circ$ par rapport à l'horizontale, en position finale après basculement des palmes.

Chacun des diaphragmes porte un numéro (3 à 27). La partie basse débute au diaphragme 5 (fin des jambes et du porte-à-faux) et s'étend jusqu'au diaphragme 17 (début de la partie médiane).

La pente reste inchangée pour les diaphragmes 3 à 15 ($33,4^\circ$), varie graduellement pour 16 et 17 ($26,3^\circ$ et $18,1^\circ$) et finit horizontale au niveau 18 (partie médiane). Dans chaque aile, des murs raidisseurs assurent la stabilité de forme.

Une autre caractéristique de la structure est le "chanfrein" de longueur variable entre les points 4 et 4' de la figure II.5.

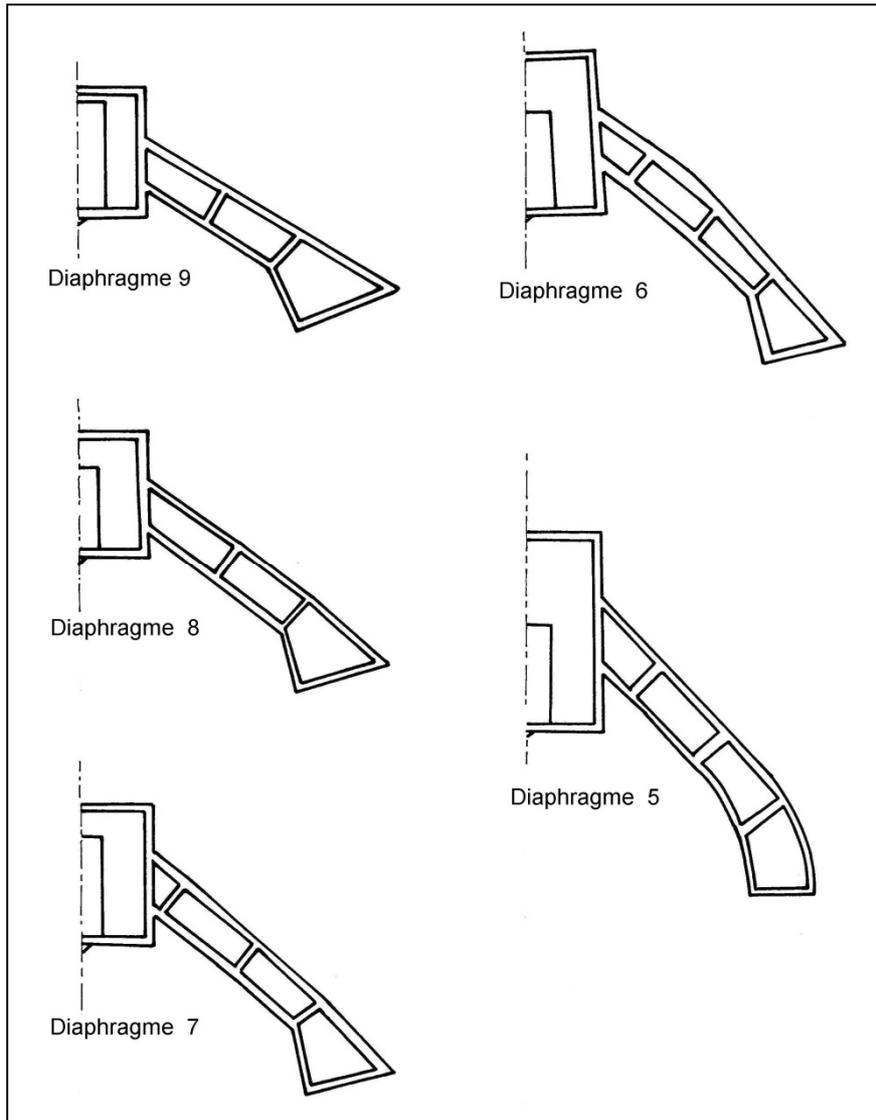


Figure II- 14 : Diaphragmes 5 à 9 dans la partie inclinée.

II.6 La partie médiane :

La partie médiane se situe entre les niveaux 18 et 22. Elle est en fait composée des quatre planchers horizontaux et du minaret. Ce dernier est recouvert d'une coupole.

Les arêtes 1, 2, 4' et 4 continuent leur course sans variation. Entre les élévations de 49,18 m (point de jonction des trois palmes) et 67,18 m (niveau 21), le plan généré par les lignes 4 et 5 rencontre un fût conique de rayon variant linéairement entre 6,26 m et 5,50 m. Entre les élévations 67,18 m et 72,68 m il rencontre un cylindre de 5,00 m de rayon comme illustré sur la figure II.6.

La jonction des trois palmes se fait au niveau du diaphragme 17. Au point de jonction, le plancher du diaphragme s'épaissit pour offrir une plus grande surface de contact. Les murs

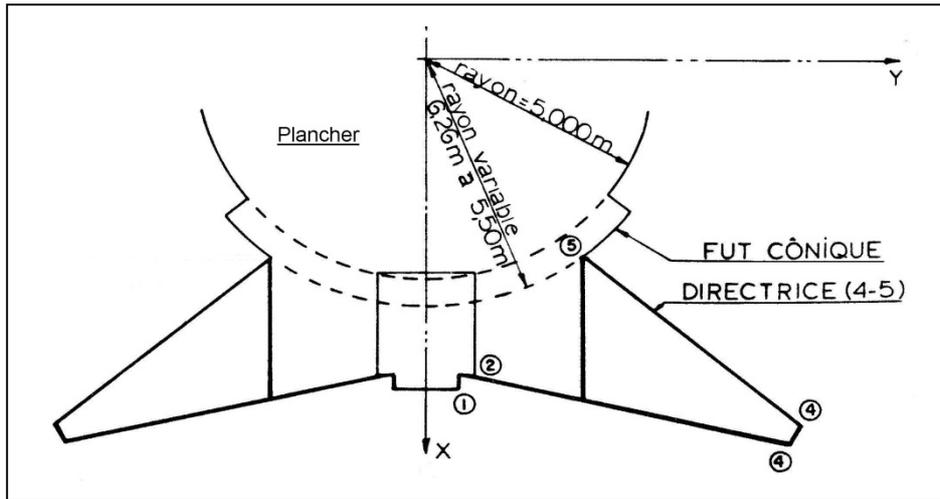


Figure II- 16 : Portion d'une section au niveau de la tourelle centrale.

raidisseurs des trois palmes entre le diaphragme 17 et le niveau 18 sont reliés entre eux pour assurer une plus grande stabilité de la structure.

La coupole qui recouvre le minaret a une forme générée par la rotation d'un quart de cercle d'un rayon extérieur égal à 4,975 m. Le centre de ce quart de cercle pivote autour d'un cercle de 0,500 m de rayon. La coupole repose sur un cylindre portant sur une poutre circulaire en forme de "T". Cette dernière est maintenue en place par des colonnes. La coupole supporte à son sommet une tour pour antennes paraboliques. La figure II.7 ci-dessous donne le détail de la coupole.

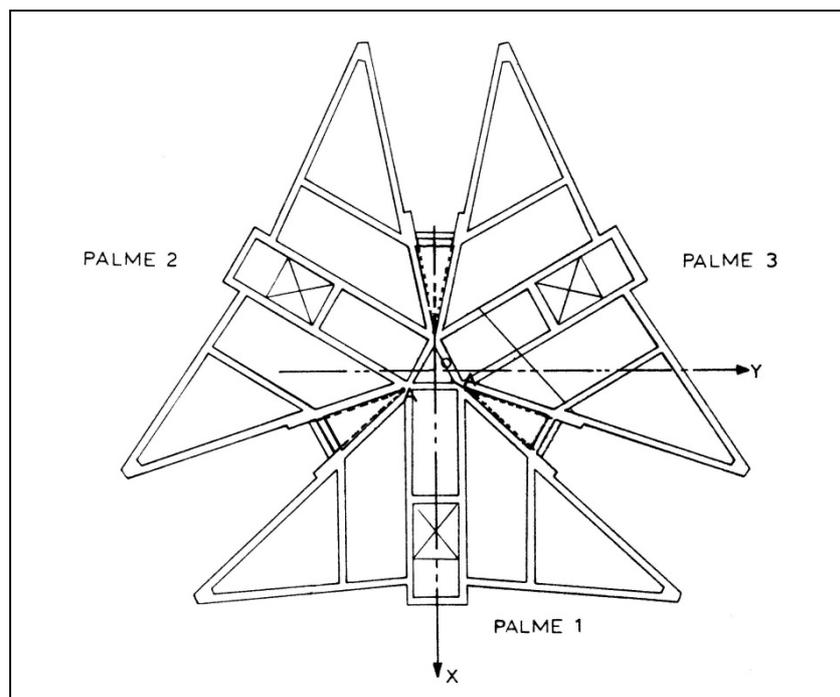


Figure II- 15 : Point de jonction des trois palmes.

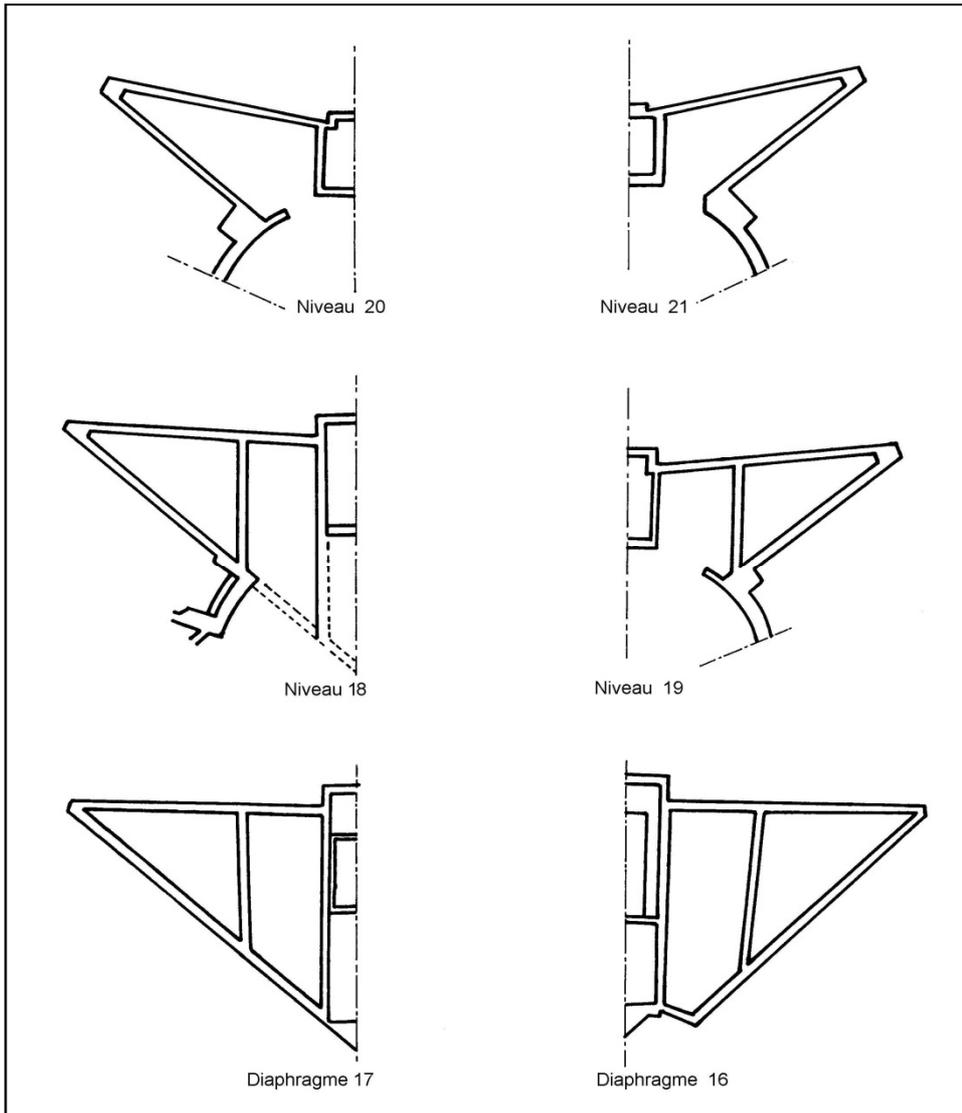


Figure II- 817 : Détails des sections de palmes, des diaphragmes 16 et 17 au niveau 21.

A chaque plancher, entre les palmes, se découpe une fenêtre. Elle est rectangulaire dans sa partie basse et arrondie à son sommet.

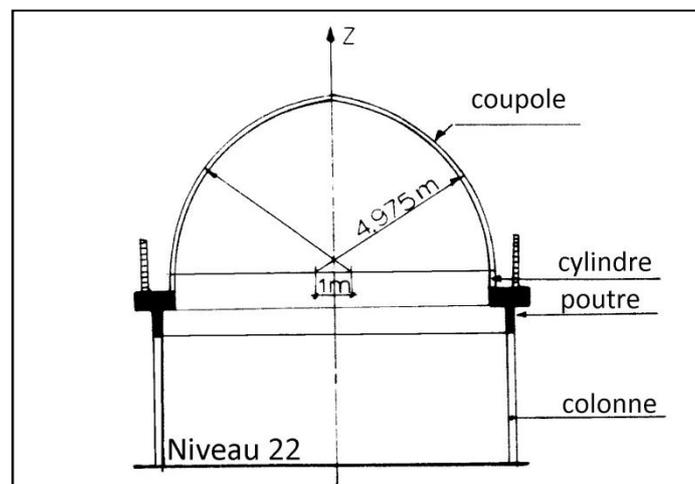


Figure II-9 : Détail de la coupole..

II.7 La partie haute :

La partie du haut qui s'étend du niveau 23 au niveau 27 est en forme de "V", seules les lignes 1, 4', 4, et 5 définies plus tôt persistent. A intervalles réguliers, des planchers horizontaux coupent la palme. Les trois sommets du monument se trouvent à une élévation de 93,18 m.

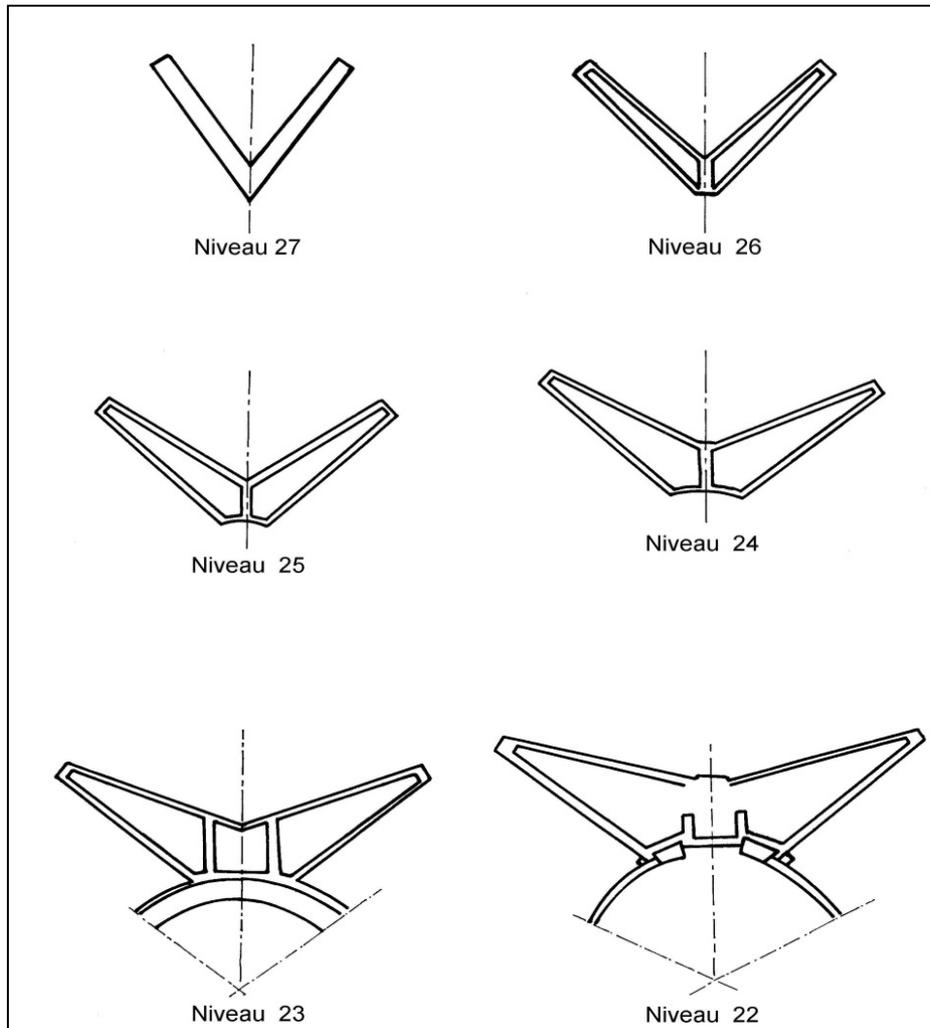


Figure II- 18 : Coupes des différents niveaux de 22 à 27.

CHAPITRE III

MODELISATION NUMERIQUE

III.1 Généralités :

L'étude du comportement dynamique de la structure par éléments finis a pour objet le développement des équations exprimant l'équilibre des points modaux d'un système linéaire d'éléments structuraux. Les équations sont dérivées à partir de la formulation des énergies ([TSE,78], [MCG,00], [PRZ,85], [ZIE,91]). Ces équations gouvernent le comportement dynamique de la structure s'écrivent :

$$[M] . \{ \ddot{X} \} + [C] . \{ \dot{X} \} + [K] . \{ X \} = \{ F \} \quad (1)$$

[M] : matrice masse

[C] : matrice d'amortissement

[K] : matrice de rigidité

{ F } : vecteur charge appliquée

{ X }, { \dot{X} }, { \ddot{X} } : respectivement vecteurs déplacement, vitesse et accélération.

Pour la détermination des fréquences et modes propres il y a lieu de prendre { F }=0. De même sans perdre beaucoup de précision, on peut négliger l'amortissement ([C] = 0). L'équation (1) s'écrira alors :

$$[M] . \{ \ddot{X} \} + [K] . \{ X \} = 0 \quad (2)$$

La résolution du système (2) nous permettra de déterminer les fréquences propres et les valeurs propres.

Cette modélisation s'effectue sur une structure idéalisée en éléments compatibles simples. Les éléments peuvent avoir différentes formes : barres, poutres, plaques, coques ou éléments solides, et épouser les géométries les plus complexes.

III.2 Modélisation simplifiée :

Une première approche de la modélisation de la structure composée uniquement d'éléments poutres avec charges concentrées aux nœuds est représentée à la figure III.1

C'est une approximation très grossière qui comporte 74 nœuds qui forment 76 éléments avec 426 degrés de liberté. Une telle dimension du problème offre l'avantage de pouvoir être traitée sur les moyens de calcul disponibles. Cependant la difficulté d'associer aux poutres des caractéristiques équivalentes à celles du modèle réel fait que les résultats obtenus sont complètement erronés. Ce modèle a été vite abandonné

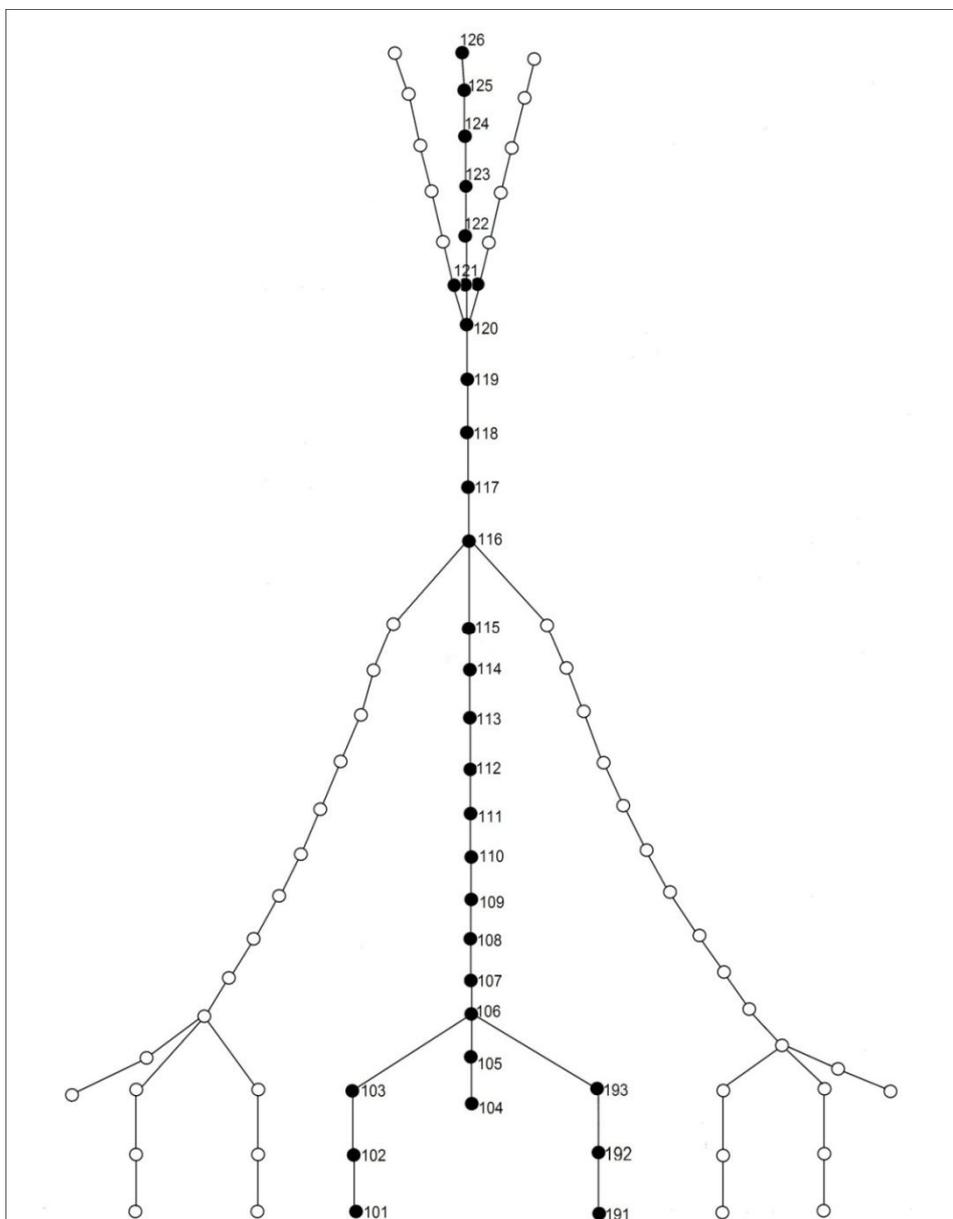


Figure I-1 : Modèle MEF constitué d'éléments outres et de masses concentrées

III.3 Modélisation détaillée :

III.3.1 Introduction

La modélisation de la structure est faite à l'aide de plaques triangles et quadrilatères, ayant respectivement 3 et 4 connexions, de poutres et d'éléments 3D. Le programme SAP IV est utilisé pour effectuer le calcul éléments finis. Les dimensions du modèle sont les suivantes : 1914 nœuds formant 2696 éléments plaques quadrilatéraux, 1092 éléments plaques triangulaires, 36 éléments brique 3D et 66 éléments poutres. Les éléments plaques utilisés sont d'une épaisseur qui varie entre 0.15 m et 0.50 m. Les figures III-5 et III-6 montrent le tiers de la structure ainsi discrétisée.

Chaque élément est défini à ses extrémités par des nœuds. Les diaphragmes, les planchers et les raidisseurs correspondent en général aux frontières entre éléments figure III.2. Aux endroits critiques il a fallu réduire la taille des éléments ; ce qui permet une conception plus précise.

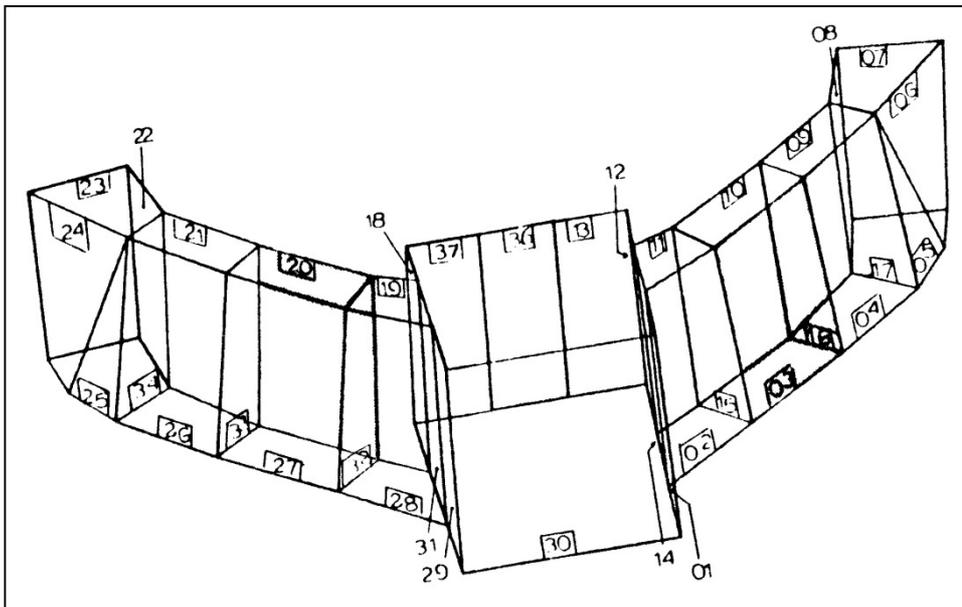


Figure III-2 : Maillage type d'un niveau de palme avec numérotation des éléments.

III.3.2 Système d'axes :

Le système d'axes global et l'orientation adoptés sont tels que l'axe x est l'axe qui va du centre vers l'extérieur du monument selon la palme dirigée vers le nord dite palme 1. L'axe z est vertical et positif dirigé vers le haut. L'axe y, perpendiculaire à ces deux derniers est positif à droite en regardant vers le centre du monument.

Pour la palme 1, le système d'axes local correspond au système d'axes global de tout le monument. Avec ces systèmes d'axes locaux, les coordonnées d'un point sont identiques dans les trois palmes. Il suffit donc de faire une rotation de $\pm 120^\circ$ autour de l'axe z pour avoir toutes les coordonnées en système global

III.3.3 Propriétés des matériaux :

D »après les données recueillies auprès de l'entreprise de réalisation, la structure est faite en béton armé de densité 2 500 kg/m³ et dont la résistance en compression est de 30 MPa (sauf dans les 4 premiers mètres des jambes où elle est de 35 Mpa). La résistance en tension de l'acier est de 400 MPa.

Le module d'Young (E) du béton utilisé est de 2,74.10⁴ MPa et le coefficient de Poisson (ν) est pris égal à 0,20.

Le coefficient d'expansion thermique (α) est de l'ordre de 1.10⁻⁶ pour une température de référence de 21,1°C.

III.3.4 Modélisation des jambes:

La modélisation des jambes est faite à l'aide de briques 3D dont l'épaisseur variable correspond à l'épaisseur de la partie de la jambe qu'elle représente. L'épaisseur moyenne est d'environ 2,5 m. Cette partie de la structure est divisée par des lignes horizontales espacées de 0,5 m et des lignes verticales qui correspondent sensiblement au centre des murs raidisseurs du diaphragme 5. Cette modélisation est valable jusqu'à une distance de 0,5 m en dessous du diaphragme 5. Sous cette dernière ligne, on a les éléments brique 3D. Des éléments de jonction entre cette ligne et le diaphragme 5 sont introduits. La figure III.3 illustre ces

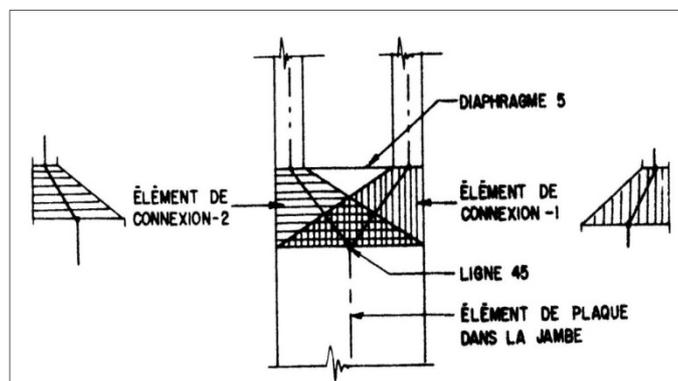


Figure III-3 : Modélisation des éléments au niveau de la jambe.

éléments de connexion.

La modélisation de la rotule est effectuée à l'aide de 2 éléments : un trapèze renversé et un

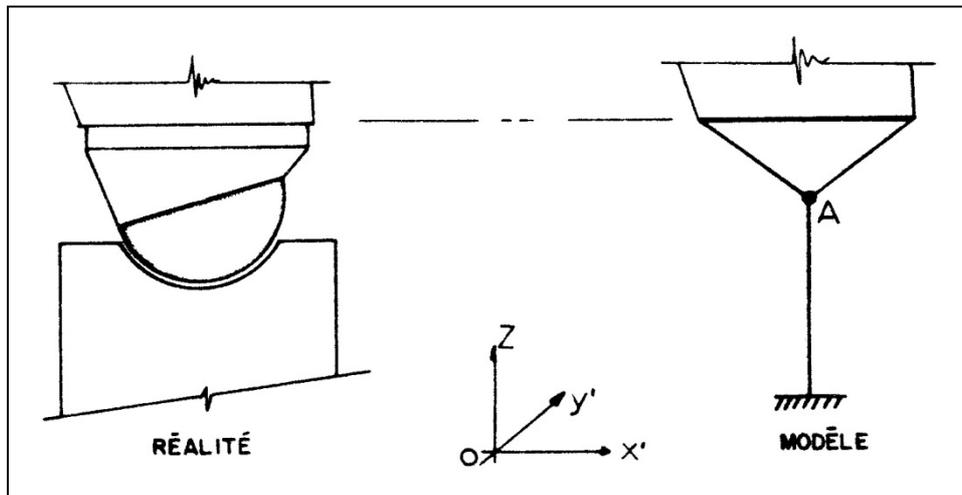


Figure III-4 : Modélisation de la rotule

triangle. La figure III.4 montre la rotule réelle et le modèle.

III.3.5 Modélisation du porte-à-faux :

Au niveau du porte-à-faux, l'épaisseur des murs latéraux et de la face ventrale est de 0,300 m. Ceux de la niche ont 0,200 m. Les murs intérieurs entre les diaphragmes 3 et 4 ont 0,200 m et le mur sur la face dorsale entre les diaphragmes 3 et 4 varie linéairement entre 0,600 m et 0,300 m.

La dalle du diaphragme 3 fait 0,600 m d'épaisseur sur presque toute la surface. Seules deux petites dalles situées de part et d'autre de l'ascenseur font exception. Elles ont la même épaisseur que la dalle du diaphragme 4 soit, 0,150 m.

Les murs latéraux de part et d'autre du diaphragme 4 servent de connexion vers les jambes.

III.3.6 Diaphragmes 5, 6, 7 et 8 :

Tous les murs situés entre ces quatre diaphragmes ont la même épaisseur, soit 0,300m. Les planchers pour leur part font 0,150 m, sauf dans l'élément central où ils ont 0,300 m.

Entre les diaphragmes 5 et 8, trois murs raidisseurs par aile assurent la stabilité de forme. Le diaphragme 5 a deux planchers de plus que les diaphragmes 6 et 7.

Il est à constater que pour cette partie de la structure, les voiles sont longs et élancés. L'élément central diminue en montant jusqu'à un minimum vers le diaphragme 8.

III.3.7 Diaphragmes 9, 10, 11, 12, 13 et 14 :

Pour ces six diaphragmes, les murs ont 0,270 m d'épaisseur et les planchers 0,150 m. Là encore, les planchers de l'élément central sont plus épais soit 0,400 m pour les diaphragmes 10 et 11 et 0,300 m pour les autres.

L'ordre de numérotation des nœuds et des éléments est identique pour tous ces niveaux. Entre ces niveaux, il ne reste que deux raidisseurs dans chaque aile. A constater également : l'angle d'ouverture des palmes augmente avec la hauteur pour devenir presque perpendiculaire à l'axe de symétrie de la palme.

L'élément central dont les dimensions sont à leur minimum au niveau du diaphragme 8 s'allonge graduellement par la suite en montant.

L'ouverture d'ascenseur pratiquée dans le plancher de l'élément central qui, jusqu'au diaphragme 12 est collé à la paroi verticale, tend à se déplacer vers la paroi dorsale entre les diaphragmes 13 et 18.

III.3.8 Diaphragmes 15, 16, et 17 :

L'épaisseur des murs entre ces trois diaphragmes, ainsi que les planchers sont identiques aux éléments correspondants des six niveaux précédents, soit respectivement 0,270m, 0,150 m et 0,300 m pour les planchers de l'élément central.

A partir du diaphragme 15, il n'y a plus qu'un seul raidisseur dans chaque aile. Ce dernier, qui jusqu'à présent prenait son origine à l'arête 7, change d'orientation pour prendre son origine entre les arêtes 4 et 5.

Les ailes sont presque aussi larges que longues et prennent la forme d'un triangle (en plan). En effet, la face ventrale diminue et tend à disparaître.

A partir du diaphragme 16, un mur d'ascenseur est ajouté séparant ainsi l'élément central en deux. Ce dernier est devenu mince et long.

C'est au niveau 17 que se produit la jonction des trois palmes. On constate également que l'orientation de la face dorsale change au diaphragme 16. A partir de ce niveau, les ailes pointeront vers l'extérieur de la structure plutôt que vers l'intérieur.

III.3.9 Niveaux 18 à 22:

L'épaisseur des murs est variable entre ces niveaux. Pour les niveaux 18 et 20, les murs de l'ascenseur font 0,270 m, les murs des ailes font 0,250 m et les murs qui relient les trois palmes font 0,450 m.

Pour les niveaux 21 et 22, seuls les murs autour de l'ascenseur s'épaississent à 0,350m. Les planchers par contre ne varient pas et demeurent à 0,150 m.

Les dimensions de l'élément central pour tous ces niveaux sont réduites à leur minimum, soit l'espace requis par la cage d'ascenseur.

Les ailes pointent de plus en plus vers l'extérieur et prennent la forme d'un "V". Elles sont ouvertes à l'intérieur sur des planchers circulaires.

Pour chacun de ces niveaux, entre les palmes, se découpe une fenêtre. La palme dans laquelle se trouve l'escalier est légèrement modifiée aux niveaux 21 et 22.

III.3.10 Niveaux 23 à 27:

Encore une fois l'épaisseur des murs diminue. Ils n'ont plus que 0,225 m dans les ailes. Au niveau 23, les murs de l'ascenseur font 0,300 m et 0,350 m. Les planchers demeurent identiques à ceux des niveaux sous-jacents avec 0,150 m d'épaisseur.

En forme de "V" ces niveaux ne possèdent plus d'élément central. Seul un mur situé au centre des deux ailes sert de raidisseur. Ce dernier fait 0,300 m d'épaisseur et va du niveau 24 au niveau 27.

III.3.11 Maillage de l'ensemble de la structure :

D'après les plans de construction détaillés, la position des nœuds est à chaque fois choisie comme étant sur la fibre neutre de l'élément considéré. Le début de numérotation des nœuds est pris au point le plus élevé de la structure ; c'est-à-dire au sommet de la palme numéro 1. La succession de la numérotation des nœuds se fait ensuite selon un balayage niveau par niveau ; de façon à éviter une trop grande largeur de bande à la matrice de rigidité globale. Les derniers nœuds pour une même palme se situent au niveau de la jambe et des rotules.

De manière identique, la numérotation des éléments est faite en commençant du haut de la palme et en allant vers le bas de celle-ci, pour terminer par les rotules. La figure III.5

représente le maillage d'un tiers de la structure (une palme) en vue de profil. La même palme avec le même maillage est représentée à la figure III.6

Ce travail est fait point par point et élément par élément pour la première palme, et puisque les trois palmes sont structurellement parfaitement identiques et situées à des angles

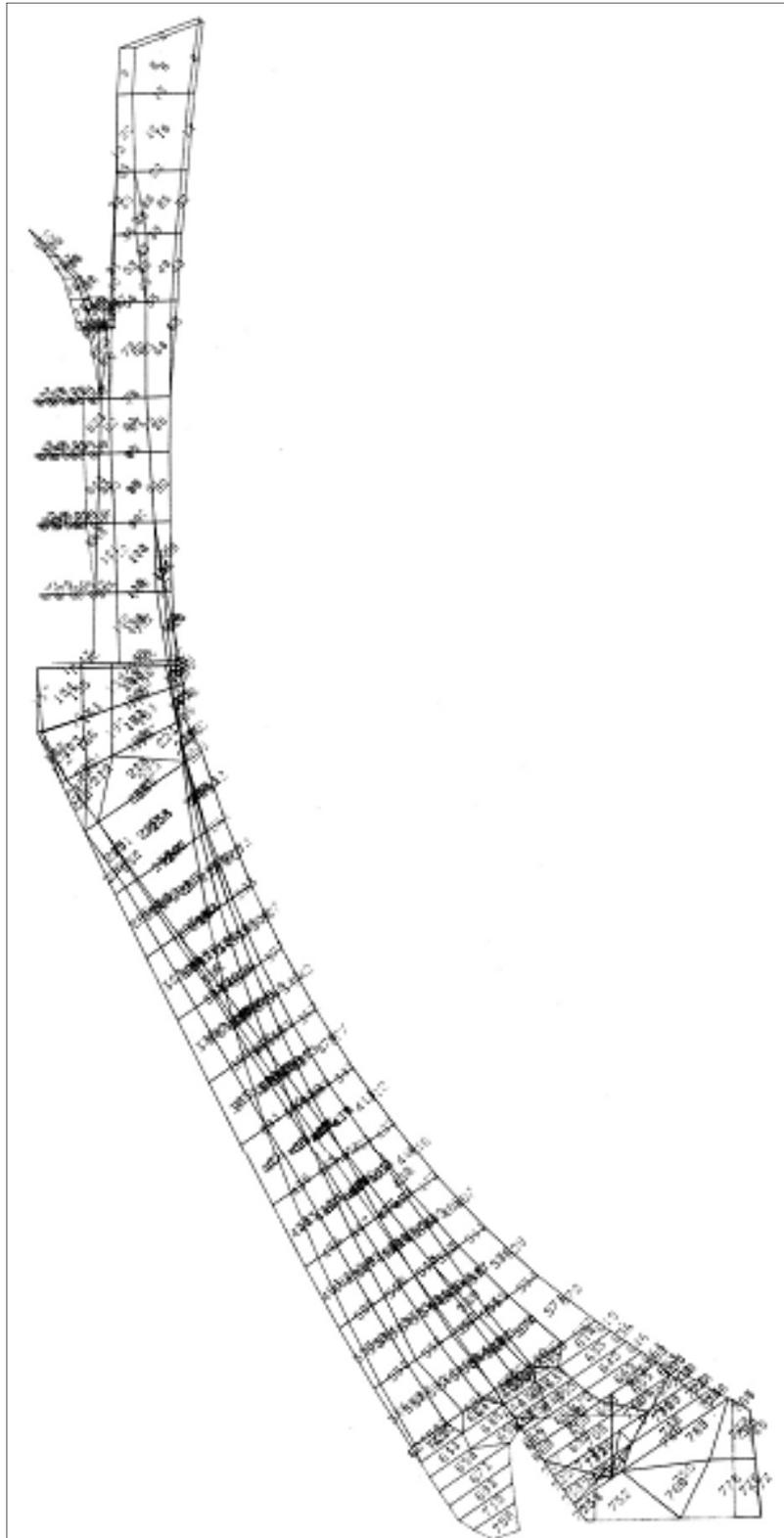


Figure III-5: Vue de profil du maillage d'une palme.

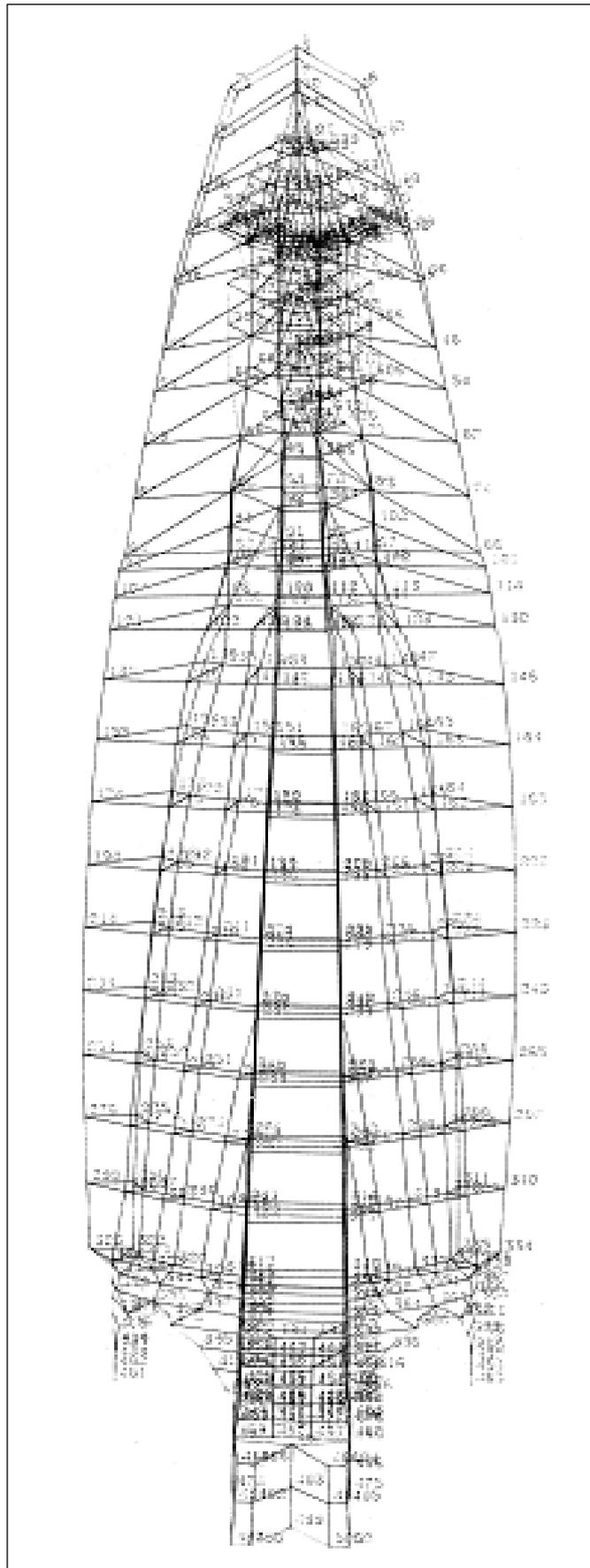


Figure III-6 : Vue de dos du maillage d'une palme

III.4 Conclusion

Une analyse numérique par éléments finis est entreprise. Un modèle simplifié constitué de poutres unidimensionnelles est d'abord conçu. La masse de chaque élément de poutre est concentrée aux nœuds de jonction formant l'élément. Le modèle ainsi obtenu est montré sur la figure IV.1. La taille du problème est alors de 425×425 , ce qui rend sa résolution beaucoup plus aisée. Les moments d'inertie des différents niveaux de chacune des palmes ne peuvent être estimés correctement du fait de leur complexité intérieure et extérieure ainsi que l'estimation des masses concentrées rend l'exactitude des résultats incompatible avec le cas réel. Par conséquent, une modélisation plus détaillée approchant au mieux la structure étudiée est alors entreprise. Au vu de la complexité de la structure, des éléments finis divers ont été utilisés, à savoir des éléments poutres 3D pour modéliser les éléments longitudinaux au niveau de la coupole, des éléments brique 3D pour la modélisation des jambes, et des éléments plaques épaisses pour la modélisation des parois et des éléments intérieurs. La structure est alors finement discrétisée. Le tracé du maillage détaillé est fait sur la table traçante BENSON du centre de calcul de l'école Nationale Polytechnique.

CHAPITRE IV

ETUDE EXPERIMENTALE

IV.1 Introduction :

Dans tous les domaines techniques, les modèles mathématiques et numériques sont toujours vérifiés, confirmés ou infirmés, par l'expérience. Celle-ci permet non seulement de corriger l'approche du problème, mais aussi d'orienter la recherche et soulever les aspects non élucidés.

Les tests sur le modèle réel avec les conditions d'environnement exacts, demeurent le meilleur moyen de juger les résultats d'un calcul donné. C'est la méthode la plus efficace pour l'établissement de lois et formules exactes et fiables.

Néanmoins, il n'est pas toujours aisé ni parfois possible de réaliser des essais sur le modèle réel, soit par manque d'accessibilité soit par crainte de dommages pour la structure étudiée. Ce sont les principales raisons qui incitent, dans de nombreuses disciplines, à faire appel à des études sur des modèles réduits.

IV.2 Le modèle réduit :

IV.2.1 Importance du modèle réduit

Le modèle réduit se justifie dans le cas de structures de grandes hauteurs par la facilité de l'expérimentation en laboratoire. En effet, les possibilités d'excitation par table vibrante, excitateur, choc ou en soufflerie, ne sont pas toujours possibles sur les structures réelles. La facilité de pose des capteurs et de branchement des différents appareillages et l'acquisition des données directement sur ordinateur constituent un grand avantage avec le modèle réduit [ANS,04].

Les résultats recueillis de l'étude des modèles réduits sont extrapolés, en utilisant les lois de similitude, pour comprendre et prédire le comportement des modèles réels.

Dans ce sens et en prévision de la particularité de notre structure, on a envisagé de mettre à l'épreuve la procédure à utiliser, d'abord sur modèle réduit ; afin d'en tirer le maximum d'enseignements lors de son application au modèle grandeur réelle. L'idée consiste à faire les essais et le calcul par éléments finis sur un modèle réduit dont la géométrie est la plus proche possible de celle du modèle réel. Les résultats des deux approches seraient comparés et un choix plus judicieux du maillage et de la modélisation des conditions aux limites serait adopté jusqu'à les rapprocher au mieux. Ces résultats seraient ensuite exploités pour : d'une part une bonne compréhension du problème, et par suite, une meilleure conduite des essais et calculs sur le modèle réel, d'autre part, une meilleure prédiction du comportement vibratoire et des résultats à trouver sur le modèle réel.

IV.2.2 Réalisation du modèle réduit :

La réalisation du modèle réduit a été faite au niveau de l'atelier de chaudronnerie à l'EMP. A partir des plans de construction à l'échelle 1/100 fournis par l'entreprise de réalisation a été façonné un modèle constitué d'une seule palme reposant sur deux jambes à la base, et s'appuyant au niveau de la tourelle sur un cylindre fermé à son bout supérieur par une calotte hémisphérique. Le cylindre lui-même est maintenu à la verticale par une tige métallique.

Cette palme est constituée de deux parties distinctes : une structure interne et une enveloppe extérieure. La structure interne a l'allure d'une arête de poisson. Elle est constituée d'une tôle centrale censée représenter la nervure centrale sur laquelle sont fixés par brasage, les différents diaphragmes. De minces tiges sont soudées entre les bouts des différents diaphragmes pour donner une certaine rigidité à l'ensemble et faire l'effet des raidisseurs verticaux.

L'enveloppe externe a été réalisée par le soudage de plusieurs tôles vrillées, entre elles. Celles-ci ont été obtenues par martelage manuel au marteau de la feuille externe posée sur la structure interne ; de façon à lui faire prendre la forme du modèle.

IV.2.3 Impossibilité de l'utilisation du modèle réduit :

Au cours des différentes étapes de la réalisation, les difficultés rencontrées ont mis en évidence l'impossibilité d'utiliser ce modèle réduit pour simuler le modèle réel. Les raisons sont nombreuses :

- mis à part la ressemblance de forme extérieure, il n'y a aucune ressemblance des détails architecturaux internes entre les deux structures ;
- l'enveloppe extérieure est juste posée sur le « squelette » interne. Il n'y a pas de liaison entre les supposés raidisseurs internes et l'enveloppe externe. Ceci, en modélisation va créer des libertés supplémentaires entre les bords des éléments internes et externes ;
- lors du soudage et du façonnage par martelage des contraintes locales sont introduites, l'homogénéité du matériau est perdue et ses caractéristiques (module d'Young et coefficient de Poisson) sont changés ; les valeurs à utiliser dans le calcul ne sont donc plus connues ;
- Les lois de similitude pour le comportement structural ne sont pas encore bien établies, comme pour l'aérodynamisme par exemple, il n'est pas évident d'en tirer des prévisions pour le modèle réel.

Pour ces raisons, ce modèle n'a pas servi pour le calcul ou l'expérimentation. Toutefois il nous a permis de saisir le problème dans toutes ses dimensions et de constater la plus ou moins grande rigidité des différentes parties. Cette structure, s'il arrive qu'elle soit complétée, pourra par contre servir à des études d'aérodynamisme sur le monument, étant donné les grands vents et tourbillons auxquels il est soumis.

IV.3 Etude Expérimentale in situ :

IV.3.1 Introduction :

Etant donné la forme particulière du monument et son architecture interne, la partie supérieure au-delà de la tourelle est inaccessible, et l'accès aux murs verticaux de la partie basse formée par les trois troncs inclinés des trois palmes ne peut se faire que dans le noyau central de la palme qui comporte l'escalier mécanique. Seule la partie médiane constituée de cinq étages offre un accès aisé aux paliers de ces niveaux et à l'intérieur des ailes des trois palmes attenantes.

D'autre part, la partie basse de par sa masse et sa disposition en forme de trépied, est beaucoup plus rigide que les parties supérieures. Son mouvement vibratoire est faible et par suite son influence sur le reste de la structure ne peut être que très réduit.

Pour toutes ces considérations, seuls les différents niveaux de la tourelle offrent la possibilité d'installer les équipements et de faire des mesures. L'ensemble du matériel de mesure est

monté au niveau 18 qui constitue l'étage inférieur de la tourelle ; la jonction entre les trois palmes se faisant au diaphragme 17. C'est le niveau technique. Là sont réalisés les premiers essais ; ce niveau est considéré comme point de référence. Ensuite, les prises de mesures sont faites aux centres des différents étages supérieurs : 19, 20, 21 qui est le hall et le niveau 22, l'observatoire surmonté de la coupole.

Pour prospecter l'existence de modes de vibration locaux et de modes de torsion, des points de mesure ont aussi été considérés aux bouts des ailes de différents étages. Ces mesures sont faites à chaque fois et en même temps avec une autre mesure prise soit au centre du palier correspondant, soit au deuxième bout d'aile de la même palme, soit sur un bout d'aile d'une autre palme. Voir figure IV-1.

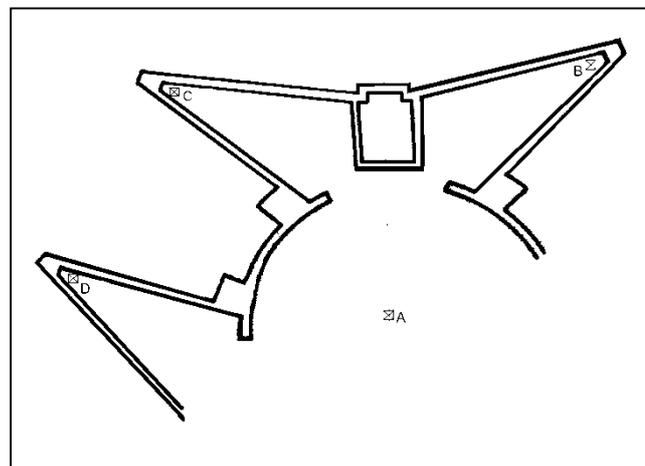


Figure IV-1 : Les positions A,B,C,D des capteurs

Bien qu'il soit préférable lors de tels tests de mesurer en même temps le signal d'excitation afin de le séparer du signal de réponse de la structure, et bien qu'une structure excitée a un signal vibratoire de plus grande amplitude sur un spectre de fréquence plus large ; l'application d'une excitation quelconque au Monument n'a malheureusement pas été possible en raison des contraintes d'autorisation. On s'est satisfait des excitations ambiantes : mouvement sismique du sol, circulation routière, mouvement de personnes dans la structure, équipement technique de climatisation, etc. Le vent qui en général a un effet appréciable sur les structures a été en général faible ou modéré durant la période des mesures (avril-mai).

Mais tel que mentionné dans des études semblables ([BRO,03], [BRO,87], [CAP,80]), moyennant des réglages d'amplification du signal adéquats, des résultats très concordants sont obtenus.

IV.3.2 Appareillage utilisé :

Dans la mesure de la réponse dynamique des structures, l'information déplacement peut être obtenue à partir des informations de vitesse ou d'accélération qui sont mesurables sans point fixe. Ainsi l'utilisation des accéléromètres s'est largement imposée dans la mesure des amplitudes d'oscillations et de leurs fréquences [BRO,80]. La mesure porte sur l'accélération totale. Un accéléromètre est sensible à l'accélération totale et à l'inclinaison.

Le signal récupéré de l'accéléromètre est faible et en général fortement bruité par des oscillations parasites et des non-linéarités. Ceci est corrigé et compensé par des préamplificateurs de charge qui permettent en même temps d'amplifier le signal. Ainsi à chaque capteur est associé un préamplificateur.

Le signal est ensuite traité sur un analyseur de fréquences qui permet à partir du signal temporel de tirer, en utilisant la Transformée de Fourier Rapide (FFT), le spectre fréquentiel ainsi que les différentes fonctions de traitement de signaux telles que en particulier la densité spectrale, le cepstre, l'autocorrélation et la corrélation avec d'autres signaux s'il y a lieu. Par l'examen de ces informations on détermine les fréquences de réponse de la structure après les avoir séparées des fréquences parasites et éliminé les harmoniques. La comparaison des résultats obtenus aux différents points de mesure nous permet aussi de déterminer les modes de vibration de toute la construction.

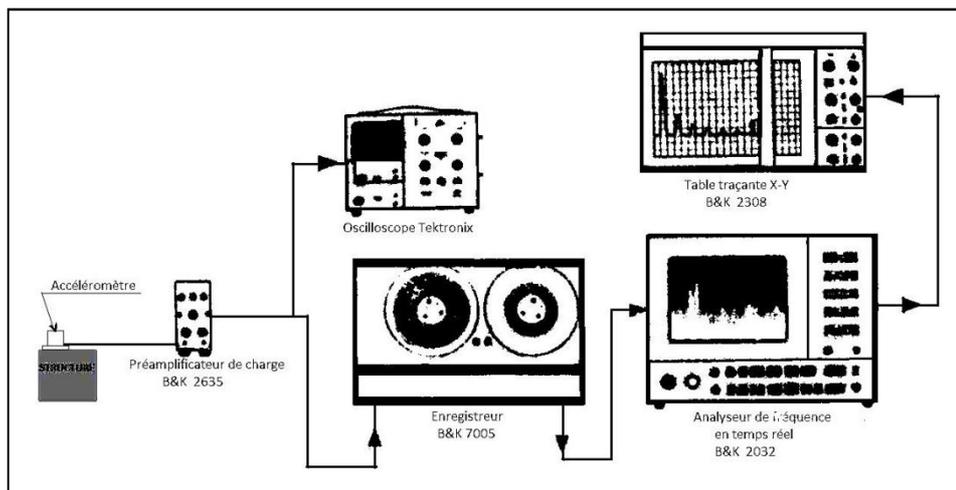


Figure IV-2 : Dispositif de mesure

La figure IV.2 représente la chaîne de mesure utilisée. Des capteurs d'accélération de type Bruel & Kjaer 'B&K 4370' sont fixés aux points où l'on cherche à récupérer des informations. Les signaux relevés par ces accéléromètres sont amplifiés par des

préamplificateurs de charge de type Bruel & Kjaer 'B&K 2635'. Ces signaux sont enregistrés sur bande magnétique à l'aide d'un enregistreur de type Bruel & Kjaer 'B&K 7005', en même temps qu'ils sont visualisés sur un oscilloscope de type 'Tektronix', pour faciliter le suivi visuel sur place.

Dans une deuxième étape, les mesures enregistrées sont traitées au laboratoire sur un analyseur de fréquence bi-canal de type Bruel & Kjaer 'B&K 2032'.

IV.3.3 Description de la procédure de mesure :

Le signal enregistré à chaque mesure comporte la réponse de la structure étudiée, noyée dans la contribution des différentes sources vibratoires de son environnement. Pour déterminer exactement le spectre de réponse de la structure et le séparer du reste des signaux, de nombreuses mesures sont faites.

Ainsi l'armoire de climatisation située au niveau technique (bas de la tourelle), a un fonctionnement continu et une contribution notable dans les signaux enregistrés. Un enregistrement est donc réalisé au niveau du socle de l'armoire (située dans une aile de la palme orientée au sud) en même temps que deux autres enregistrements : l'un au centre du palier de l'étage, l'autre au bout de l'aile diamétralement opposée. Les caractéristiques propres au système de climatisation, dominantes au premier point de mesure, se trouvent atténuées à différents niveaux aux autres points de mesure.

Dans le spectre fréquentiel qui en est tiré on trouve effectivement des fréquences de vibration élevées et leurs harmoniques spécifiques au dispositif de climatisation..

De même l'enregistrement de l'excitation due au mouvement des ascenseurs nous permet de situer les fréquences de cette source bien au-dessus des fréquences notées pour une construction de génie civil, ce qui a été vérifié par les mesures au cours du mouvement des ascenseurs.

Des mesures sont aussi faites avec et sans mouvements de personnes aux mêmes points de mesures au niveau des paliers et des ailes.

Du fait du niveau très faible des excitations d'ambiance, le bruit électrique des différents appareils électroniques de mesure a lui aussi sa contribution. Dans les mêmes conditions d'environnement, après avoir recueilli des mesures de façon normale, les fils des câbles de

mesure sont débranchés des capteurs tout en continuant l'enregistrement. La différence entre les deux étapes de cette mesure, indique bien l'existence d'un signal de bruit électronique important, mais dont la composante fréquentielle est négligeable.

Ayant éliminé une partie des interférences fréquentielles, On procède d'abord à des prises de mesures aux centres des différents paliers. Le mieux serait de faire ces mesures en même temps sur les différents paliers avec des capteurs et des préamplificateurs identiques. Mais ne disposant que de deux capteurs de même modèle, ces mesures sont faites deux à deux et traitées en même temps.

A cette étape, on remarque que malgré une amplification importante du signal, le mouvement aux deux plus bas niveaux de la tourelle est très faible, et le signal enregistré présente à l'analyse des pics qui se distinguent difficilement du bruit ambiant.

Les enregistrements sont prélevés en deux points en même temps à chaque fois, au centre du palier et le point le plus éloigné au fond de l'aile de la palme au même niveau, afin de déterminer s'il y a existence d'un effet de torsion.

Il y a aussi une tentative pour déterminer s'il y a existence de modes locaux en prenant des mesures sur les bouts des ailes d'une même palme et de deux palmes différentes.

IV.3.4 Traitement et analyse :

Les mesures prélevées ont été traitées en laboratoire sur un analyseur de fréquence à FFT. Les résultats ont été recueillis par impression sur une table traçante ou sur l'analyseur lui-même.

On recueille du capteur (accéléromètre), un signal analogique qui est amplifié par le préamplificateur de charge et numérisé au niveau de l'analyseur de fréquence. Ce signal donne l'amplitude en fonction du temps. De ce premier signal sont extraites toutes les caractéristiques vibratoires de la structure étudiée telles que le spectre fréquentiel instantané où on reconnaît déjà les valeurs des fréquences dominantes, ou l'auto-spectre de puissance où le bruit de fond se trouve réduit et les pics de fréquences vibratoires bien mis en évidence.

En fait l'analyse spectrale consiste en une analyse systématique du signal vibratoire pour rechercher toutes ses caractéristiques ([CLO,93], [DEN,85], [SHI,08], [SVE,80]). Le signal délivré par un capteur est une représentation temporelle de l'amplitude de vibration. Lorsque les composantes de ce signal sont multiples, il devient vite inexploitable et il faut le convertir

en un spectre représentant l'amplitude en fonction de la fréquence en utilisant la décomposition en série de Fourier. La représentation temporelle s'exprime par :

$$x(t) = A \cos(2\pi f t) = \frac{A}{2} (e^{i2\pi f t} + e^{-i2\pi f t}) \quad (IV - 1)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (IV - 2)$$

sa décomposition en série de Fourier s'écrit :

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2\pi n f t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(2\pi n f t) \quad (IV - 3)$$

ou encore :

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}}{2} \cos(2\pi n f t + \varphi_n) \right) \quad (IV - 4)$$

où : $a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$,

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos(2\pi n f t) dt ,$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin(2\pi n f t) dt, \quad \text{et } \varphi_n = \arctg\left(\frac{b_n}{a_n}\right)$$

La représentation dans le domaine fréquentiel nous donne :

$$X_n = \int_0^T x(t) e^{-i2\pi n f t} dt \quad (IV - 5)$$

Si le signal a une période infinie (cas d'un signal aléatoire stationnaire), on a :

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) e^{i2\pi f t} df \quad (IV - 6)$$

et

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-i2\pi f t} dt \quad (IV - 7)$$

Pour un signal numérique, les intégrales deviennent des sommes discrètes :

$$X(f) = \sum_{k=-\infty}^{i+\infty} x(k) e^{-i2\pi f k T_e} \quad (IV - 8)$$

avec T_e : fréquence d'échantillonnage

Pour calculer $X(f)$ il faut discrétiser f . On choisit alors N points entre 0 et f_e où $f_e = N\Delta f$. Ainsi chaque fréquence de la Transformée de Fourier Discrète (DFT) s'écrit :

$$f = n \Delta f = \frac{n}{N} f_c \quad (\text{IV} - 9)$$

où Δf : période d'échantillonnage en fréquence

N : nombre d'échantillons temporels et fréquentiels (durée du signal).

L'algorithme qui permet de réaliser cette transformation sur ordinateur est appelée Transformée de Fourier Rapide (FFT). Il s'exprime par :

$$X(n) = \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2j) e^{-i2\pi \frac{nj}{N}} + e^{-i2\pi \frac{nj}{N}} \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2j+1) e^{i2\pi \frac{nj}{N}} \quad (\text{IV} - 10)$$

La limitation de la durée du signal se fait par :

$$x_N(k) = x(k) \times \text{rect}_N(k) \quad \text{ou en fréquence par} \quad X_N(f) = x(f) \times \text{Rect}_N(f) \quad (\text{IV-11})$$

Le spectre théorique est ainsi filtré en fréquence par $\text{Rect}_N(f)$. Ce filtre est appelé fenêtre. Différents types de fenêtres peuvent être appliqués (rectangulaire, de Hanning, de Hamming,...).

Les signaux recueillis étant de type aléatoire, ils sont décrits par les propriétés statistiques des variables aléatoires tels que l'Espérance $E(X)$, la variance $\text{Var}(X)$, l'Ecart type σ , la moyenne m_x , l'autocovariance R_{xx} . La fonction d'autocorrélation qui est beaucoup utilisée chiffre la ressemblance entre le signal et une version décalée de lui-même :

$$\varphi_{xx}(\tau) = E (X(t) \cdot X(t+ \tau)) \quad (\text{IV-12})$$

τ étant le retard. Pour un signal numérique de durée N , on aura :

$$\varphi_{xx}(\tau) = \lim 1/N \sum (X(k) \cdot X(k+ \tau)) \quad (\text{IV-13})$$

Les fonctions de covariance et d'autocorrélation sont liées par :

$$R_{xx}(\tau) = \varphi_{xx}(\tau) - m_x^2 \quad (\text{IV-14})$$

La corrélation croisée entre deux signaux a une définition semblable à l'autocorrélation et permet de décrire la ressemblance entre ces deux signaux.

La densité spectrale de puissance a pour définition :

$$P_x = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} |X(f)|^2 df \quad (\text{IV} - 15)$$

Elle est aussi la transformée de Fourier de la fonction d'autocorrélation. Elle représente la répartition de la puissance d'un signal suivant les fréquences. Elle sert à la quantification des bruits électroniques.

Une autre fonction utilisée dans le traitement du signal est le cepstre. Le cepstre d'un signal temporel $x(t)$ vers un autre domaine identique au domaine temporel obtenu en faisant une transformation inverse à partir du domaine fréquentiel. C'est le résultat de la transformée de Fourier inverse appliquée au logarithme naturel de la transformée de Fourier du signal :

$$C(\tau) = C(x(t)) = F^{-1}(\ln(F(x(t)))) \quad (IV-16)$$

Le cepstre est un outil mathématique qui permet de mettre en évidence des périodicités contenues dans un spectre fréquentiel.

L'ensemble de ces fonctions sont calculées et obtenues sur l'analyseur de fréquence. Seules les valeurs significatives et jugées intéressantes ont été exploitées et sont contenues dans l'annexe AII.

IV.3.5 Relevés expérimentaux et interprétation :

L'ensemble des enregistrements effectués après traitement sur analyseur FFT sont donnés à l'annexe A II. Les premières mesures sont destinées à séparer les fréquences de la structure de ceux de son environnement.

IV.3 .5.1 Effet du système de climatisation :

Les figures IV-3 et IV-4 sont enregistrées en fixant le capteur à la base de l'armoire de climatisation afin de reconnaître l'influence de son signal sur la structure étudiée. La figure IV-3 donne l'amplitude de ce signal en fonction du temps.

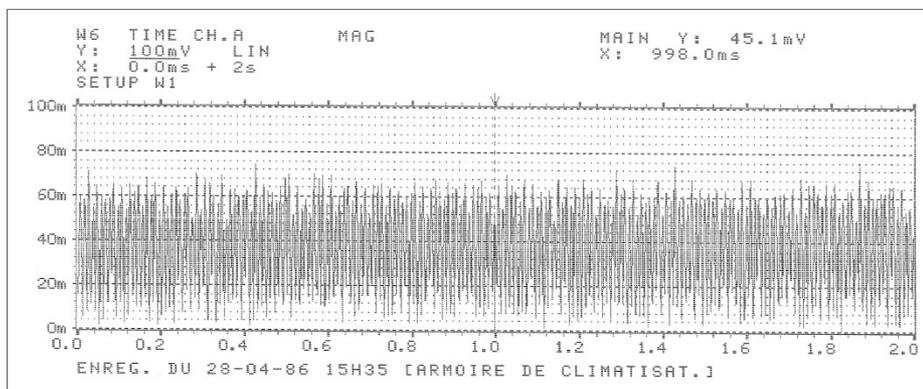


Figure IV-3 : Signal temporel enregistré à la base de l'armoire de climatisation.

Le traitement par FFT de ce signal, sur un domaine de fréquence étalé de 0 à 800Hz nous donne l'auto spectre de la figure IV-4. On vérifie sur cette figure que la fréquence propre des moteurs de climatisation se situe bien à 300Hz où on a le pic d'amplitude maximale, et qu'on distingue aisément des harmoniques de cette fréquence de 100 en 100Hz, et des sous-harmoniques de 50 en 50Hz.

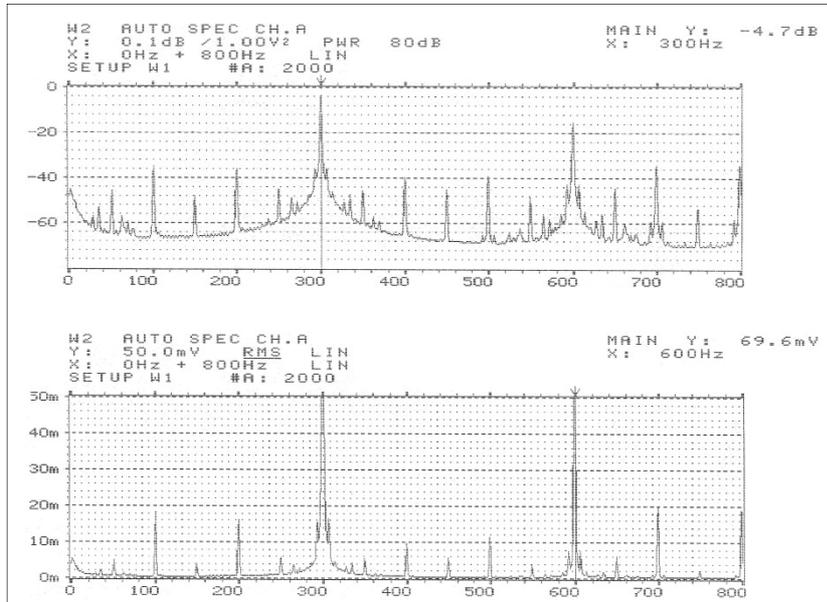


Figure IV-4 : Auto spectre du signal avec des amplitudes logarithmiques et linéaires.

IV.3 .5.2 Domaine des fréquences recherchées :

Les premiers traitements ont été faits successivement sur des domaines de fréquences de 0 à 50 Hz, 0 à 25 Hz et 0 à 12,5 Hz ; pour avoir un aperçu général du spectre. Ce qui est illustré à la figure IV-5. A la figure IV-6 on a le résultat du spectre fréquentiel respectivement sur les domaines 0 à 12,5 Hz, 0 à 6,25 Hz et 0 à 3,113Hz.

On constate un niveau d'amplitude très éloigné d'un domaine à un autre sur les tracés des deux figures : les amplitudes les plus importantes se situent aux fréquences élevées. Mais comme les structures en béton telles que ponts, viaducs, bâtiments, ou même les cheminées et les tours élancées ont leurs fréquences de résonance de l'ordre de quelques Hz, et peuvent rarement atteindre une fréquence de vibration de 10 Hz ([CAP,80], [HAR,88], [JEA,92], [PAG,75], [TSA,88]), on s'est accordé de ne considérer pour l'ensemble de notre étude que les spectres enregistrés sur le domaine fréquentiel de 0 à 12,5 Hz. Il s'agira ensuite, d'éliminer de ces spectres les pics de fréquences dus à l'environnement pour ne s'intéresser qu'aux

changements de valeurs de fréquences et d'amplitude des pics selon les différents points de mesures pris aux différents étages de la tourelle centrale du monument.

Le fait de réduire le domaine de fréquence à étudier nous permet d'affiner la précision des résultats. Or un premier aperçu, nous montre qu'au voisinage de chaque fréquence dominante, on a une concentration de pics de résonance de moindre amplitude. Ce qui nous incite à étudier et comparer les spectres fréquentiels enregistrés aux différents niveaux et en différents points.

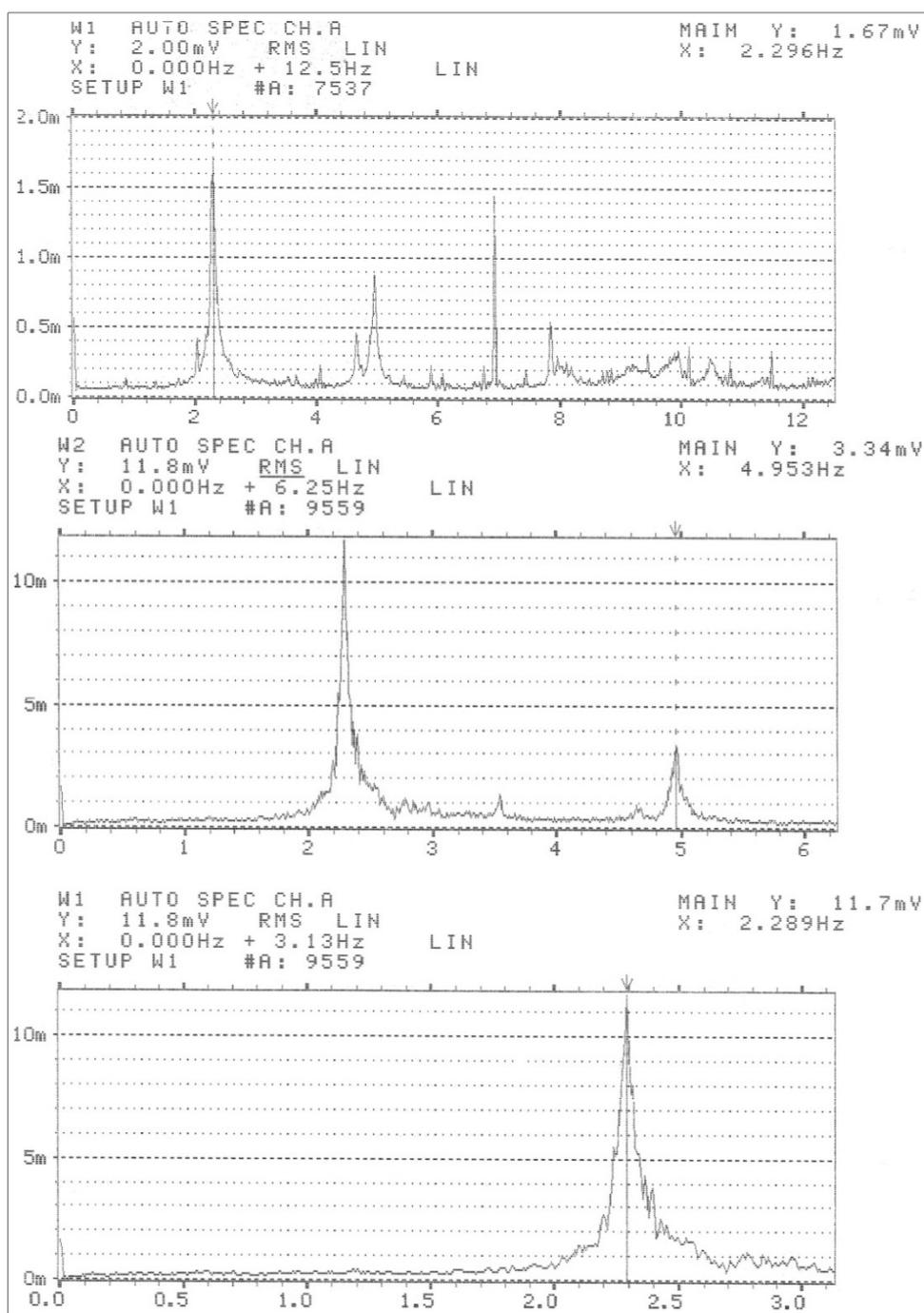


Figure IV-5 : Le spectre d'un signal sur les domaines de fréquence a) 0 - 50 Hz, b) 0 - 25 Hz et c) 0 - 12,5 Hz.

IV.3.5.3 Effet du mouvement des ascenseurs :

Un enregistrement du signal engendré par le mouvement de l'ascenseur est fait simultanément aux niveaux 18 et 21 avec des réglages et des capteurs identiques. Le but de la mesure est de séparer les pics correspondants aux fréquences de résonance des ascenseurs des pics propres à la structure en béton armé étudiée. Le signal temporel provoqué par le mouvement de l'ascenseur recueilli à ces deux niveaux est donné à la figure IV-7. De prime abord on

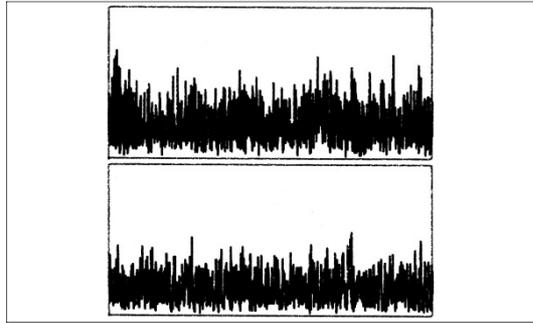


Figure IV-6 : Signal temporel dû à l'ascenseur au niveau 21 (au-dessus) et au niveau 18 (en-dessous)

remarque que le niveau global du signal enregistré au niveau inférieur est moindre que celui enregistré au-dessus. Ceci est à chaque fois vérifié entre les différents niveaux ; ce qui s'explique par le fait que plus on s'élève vers le haut, plus la structure acquiert de la souplesse et gagne en amplitude dans son mouvement.

Du traitement par FFT de ces deux signaux on obtient leurs spectres fréquentiels respectifs représentés sur la figure IV-8. Ici aussi on remarque que le niveau des pics d'amplitude est moindre au niveau inférieur. Comme on remarque qu'il existe des pics non communs aux deux niveaux : ce qui correspond à des contributions structurales locales qui sont étudiées par la suite.

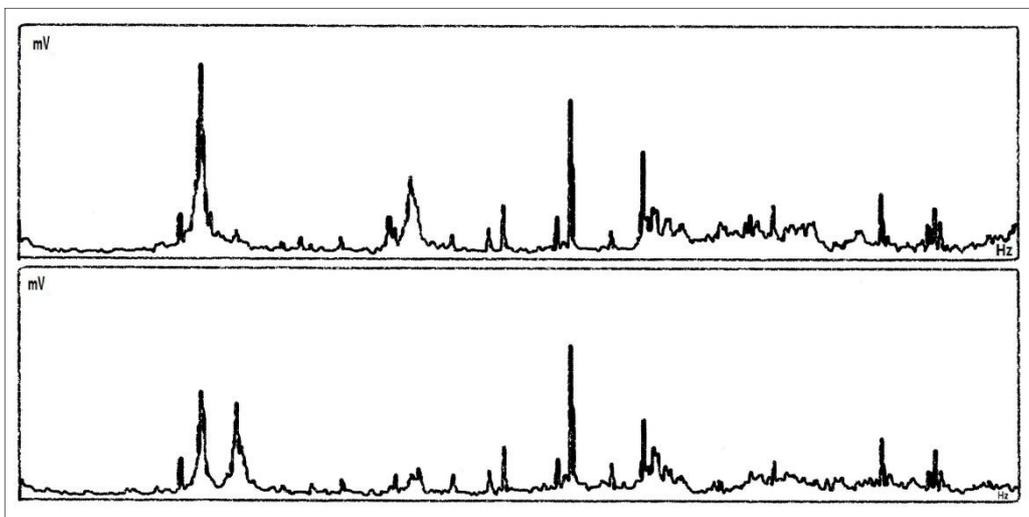


Figure IV-7 : Spectre de fréquence avec effet d'ascenseur aux niveaux 21 et 18.

Les valeurs des fréquences correspondantes aux différents pics du spectre sont relevées manuellement en déplaçant, à l'aide d'un bouton de l'analyseur des fréquences, le curseur le long des abscisses pour lire ces valeurs.

Ces spectres sont comparés à ceux obtenus aux mêmes niveaux et avec le même dispositif de mesures mais sans mouvement d'ascenseur ni autre perturbation notable, nous donne le spectre temporel de la figure IV-9 et le spectre fréquentiel de la figure IV-10.

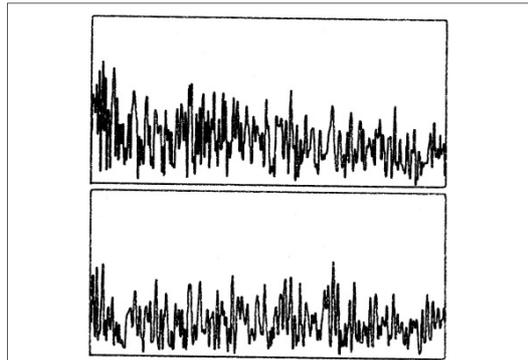


Figure IV-8 : Signal temporel sans perturbations aux niveaux 21 (au-dessus) et 18 (en-dessous).

Bien que le spectre temporel est nettement plus « allégé », car il comporte moins de composantes fréquentielles, on remarque sur le spectre fréquentiel que les pics se situent exactement aux mêmes fréquences et qu'ils sont seulement amplifiés lorsqu'il y a montée ou descente de l'ascenseur. Il apparait donc clairement que les fréquences propres du système

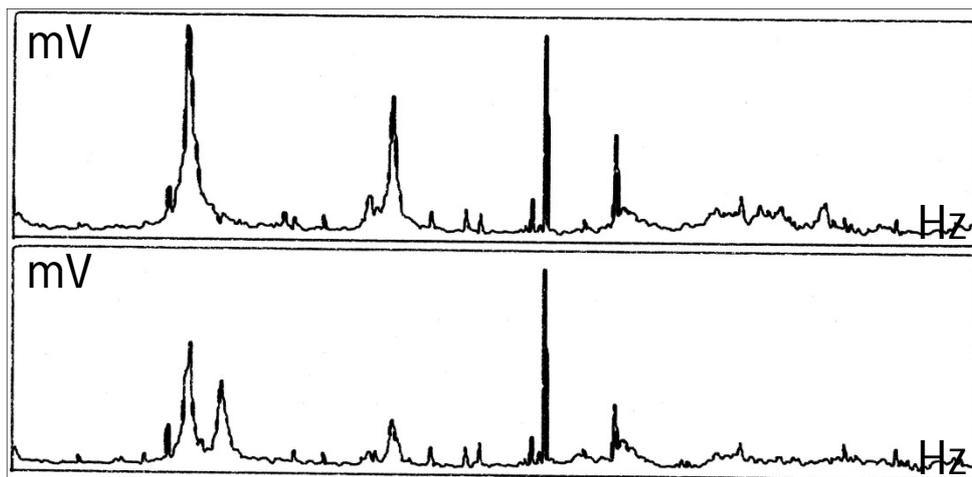


Figure IV-9 : Spectre de fréquence sans effet d'ascenseur aux niveaux 21 et 18.

mécanique des ascenseurs se situent largement au-dessus du domaine de fréquence de 0 à 12,5 Hz qui nous concerne. Ils ne perturbent le spectre que par leurs sous-harmoniques, dont l'amplitude est très réduite et qui apparaissent au bas du spectre de fréquence.

IV.3.5.4 Effet du bruit électronique :

Etant donné le bas niveau des amplitudes de vibration, il nous faut vérifier si le mouvement de la structure n'est pas noyé dans le signal induit par le dispositif de mesure. Ainsi après avoir pris des mesures sur deux entrées de l'analyseur pour enregistrer le signal sur deux étages (niveaux 18 et 22) les capteurs sont déconnectés et l'enregistrement continué. La figure IV-11 représente le spectre fréquentiel enregistré aux deux entrées de l'analyseur. Etant donné le très bas niveau du signal constaté sur le galvanomètre, pour pouvoir visualiser l'amplitude du spectre on a adopté une échelle logarithmique avec une grande amplification. On ne constate pas de pic particulier en dehors des pics réguliers caractéristiques du signal électrique exactement identique sur les deux entrées..

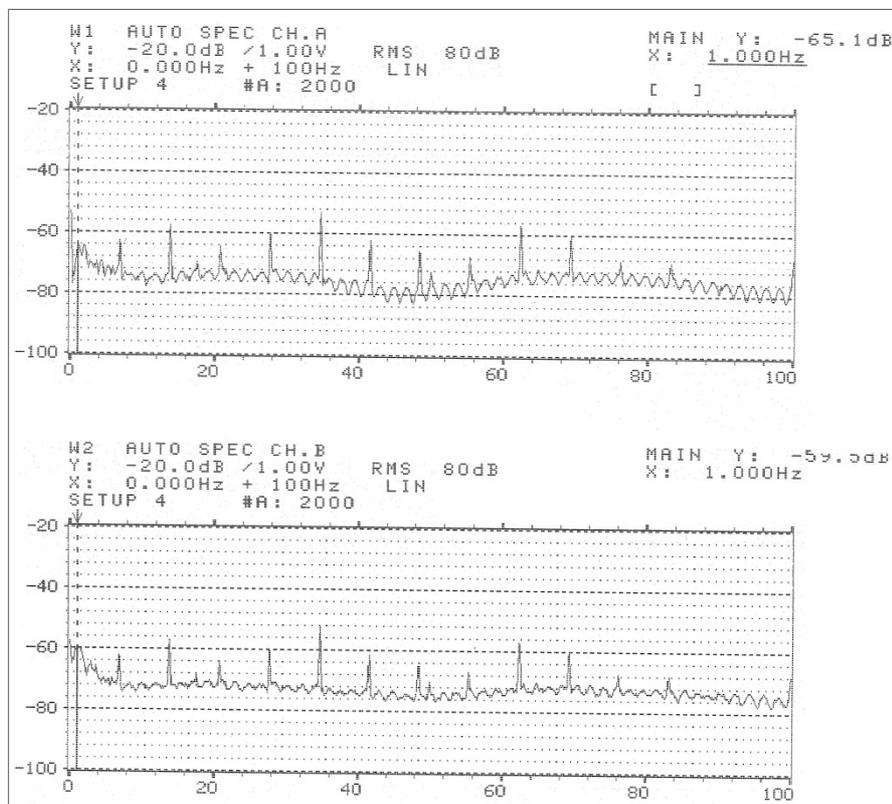


Figure IV-10 : Spectre fréquentiel dû à l'appareillage électronique et aux câbles électriques de connexion.

IV-3.5.5 Réponse de la structure aux niveaux 21 et 22 :

C'est aux niveaux 21 et 22 que sont faites la plupart des mesures : c'est à ces niveaux les plus élevés que sont constatés les grandes amplitudes et une bonne séparation des fréquences. La figure IV-12 représente en haut le spectre au centre du niveau 21 (Hall) et en-dessous celui au centre du niveau 22 (observatoire).

On recense des pics aux mêmes fréquences pour les deux niveaux soit : 2,281 Hz, 4,953 Hz, 5.890 Hz et deux pics côte à côte à 7,468 Hz et 8,093 Hz. Un pic à 6.921 Hz beaucoup plus

élevé que tous les autres et de nature différente. Effectivement, il a une largeur de bande étroite alors que les autres sont constitués de regroupements de fréquences très rapprochées. Ce qui peut avoir une source autre que la structure à étudier. Il est à vérifier dans les autres mesures. L'allure générale entre les deux spectre est la même.

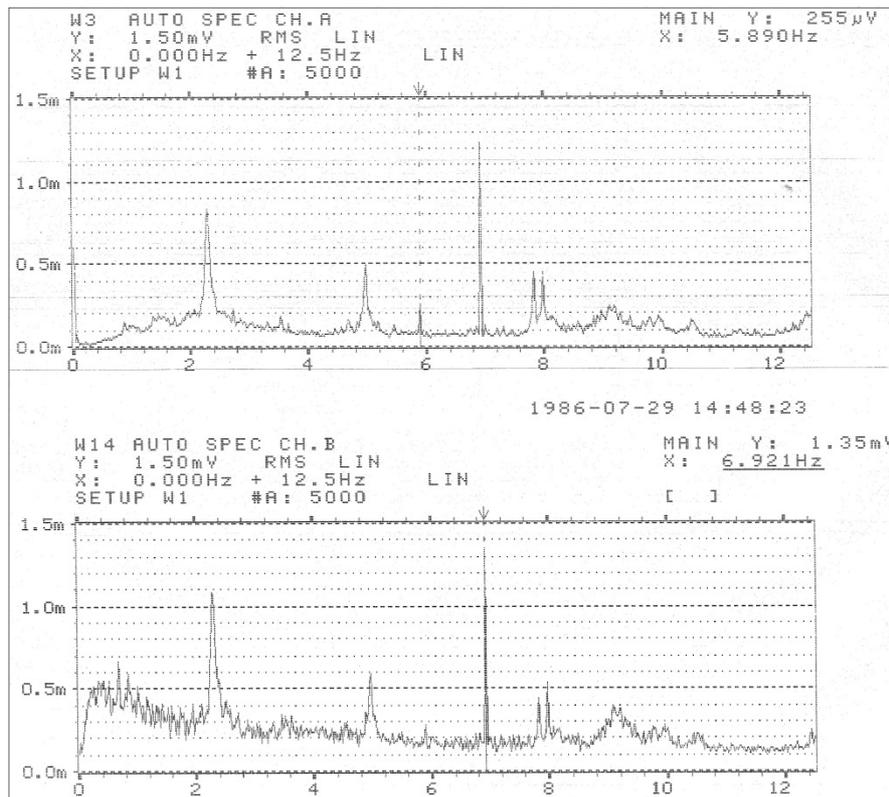


Figure IV-11 : Spectre fréquentiel aux niveaux 21 (au-dessus) et 22 (au-dessous).

On constate aussi qu'au niveau 22, aux fréquences comprises entre 0 Hz et 2 Hz, on a un niveau fréquentiel global beaucoup plus élevé que pour le niveau 21. Il est constitué de nombreux pics très rapprochés avec des pointes à 0,32, 0,39, 0,41, 0,49, 0,67, 0,79 et 0,94 Hz. Ces pics commencent avec une amplitude réduite, puis augmentent pour atteindre un maximum à 0,67 Hz, puis diminuent graduellement pour atteindre leur minimum à 2 GHz.

Ce phénomène n'est observé qu'à ce niveau. Il est expliqué par le fait qu'à ce dernier étage il y a la contribution vibratoire des parties supérieures des trois palmes, dans le mouvement vibratoire de la tourelle ; ce qui se ressent en particulier à ce niveau.

On remarque aussi qu'à la fréquence de 5,89 Hz le pic fréquentiel à l'étage supérieur est très réduit.

IV-3.5.6 Réponse de la structure aux niveaux 20 et 22 :

Avec la même installation de mesure, les capteurs étant placés aux centres des paliers des niveaux 22 et 20 on obtient respectivement les spectres au-dessus et en-dessous de la figure IV-13.

Trois pics fréquentiels se distinguent sur les deux graphes : un premier à 2,296 Hz, un deuxième -le plus élevé – à 6,981 Hz et le troisième à 7,781 Hz. Sur les deux spectres, il y a

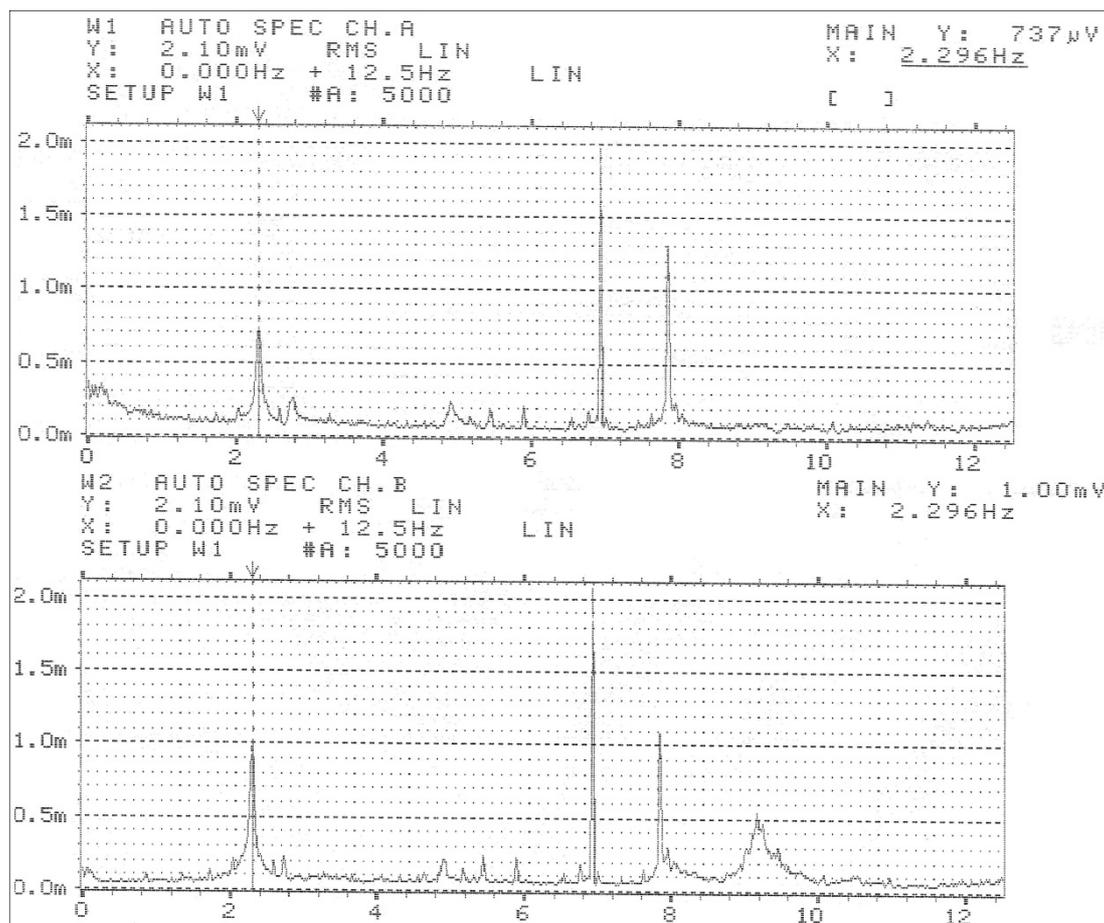


Figure IV-12 : Spectre fréquentiel aux niveaux 22 (au-dessus) et 20 (au-dessous).

plusieurs pics mais d'amplitude relativement beaucoup plus réduite. Par contre sur le spectre du niveau 20, il y a une concentration de pics autour d'une valeur de 9,171 Hz. Cette concentration de pics était déjà présente, avec une amplitude moindre, sur les deux graphes de la figure II-12, mais elle n'apparaît pas sur le premier graphe de la figure IV-13. Ce sont donc des fréquences qui existent, mais dont la mise en évidence se fait lorsqu'il y a une excitation particulière lors de et par l'analyse. la prise de mesure. L'excitation dans ce cas peut être la proximité des locaux techniques situés au niveau 18, comme ça peut être un mouvement de personnes. C'est ce qui va être élucidé par la suite des mesures et par l'analyse.

Comme le montre la figure donnée à l'annexe A-II, une augmentation de l'échelle des amplitudes (multiplication par plus de 17), pour la figure de dessus, montre qu'on a le même regroupement de pics avec une forme en " cloche " mais d'un niveau beaucoup plus faible.

IV-3.5.7 Réponse de la structure aux niveaux 19 et 22 :

Toujours dans les mêmes installations de mesure, avec les capteurs placés aux centres des paliers des niveaux 22 et 19 on obtient les spectres fréquentiels respectifs des vibrations mesurées à ces deux niveaux à la figure IV-14. Le graphe du haut de la figure est celui du niveau 19 alors que celui du bas concerne le niveau 22.

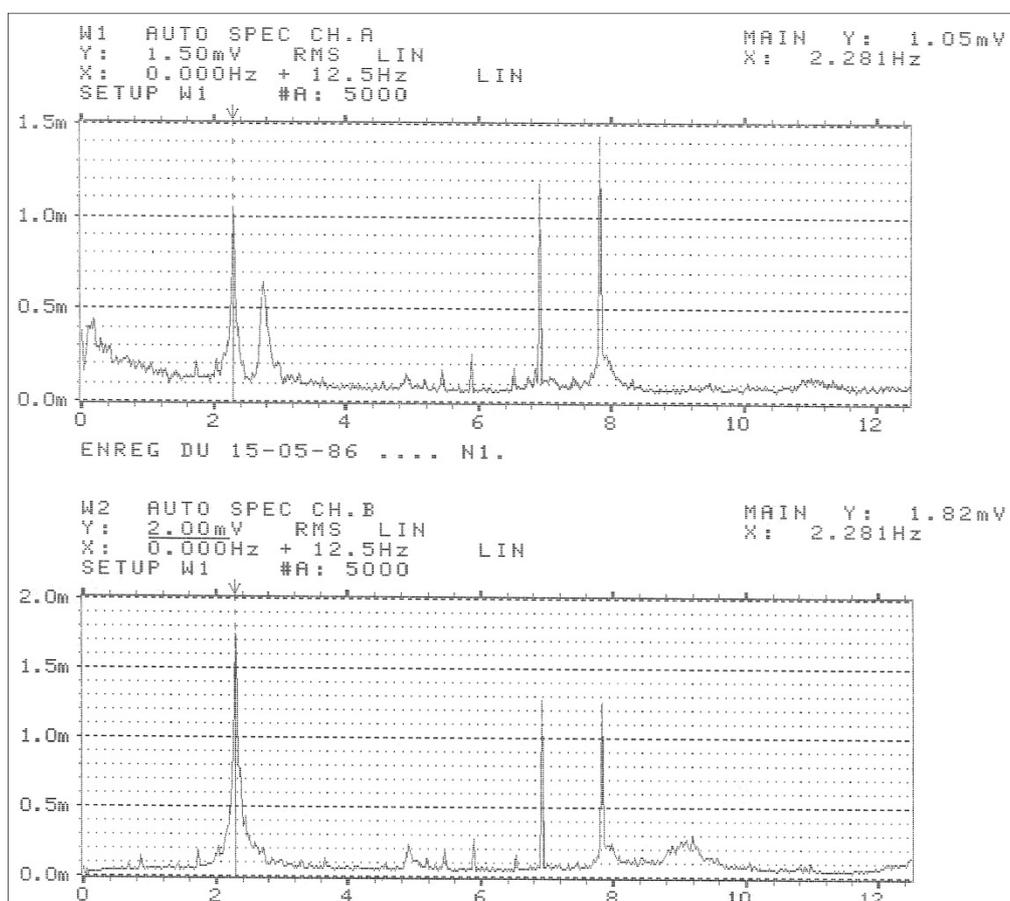


Figure IV-13 : Spectre fréquentiel aux niveaux 22 (au-dessous) et 19 (au-dessus).

On retrouve de nouveau la concentration de pics autour de la fréquence de 9,171 Hz, avec un niveau d'amplitude notable, sur le spectre fréquentiel du niveau 22. Les pics se situent toujours aux mêmes valeurs, mais l'amplitude à la fréquence de 2,296 Hz a presque doublé et s'est déplacée à la fréquence de 2,281 Hz, par contre le pic à 6,981 Hz a exactement diminué de moitié et le pic situé à 7,781 a par contre gardé une hauteur d'amplitude approximativement identique.

Pour le spectre du niveau 19 le premier pic est à 2,281 Hz avec une amplitude moyenne. L'amplitude maximale est atteinte pour la fréquence de 7,781 Hz. Mais ce qui est spécifique c'est l'apparition d'un nouveau pic d'amplitude relativement importante, situé à la fréquence de 2,765 Hz.

Mais il faut remarquer que cette mesure a été prise en même temps qu'un mouvement d'ascenseur. Le pic à la valeur de 2,765 Hz n'apparaît justement que pour ce cas et on ne le retrouve pas en dehors de ce cas.

IV-3.6 Conclusion

L'étude expérimentale entreprise a nécessité, d'une part, une vérification et un contrôle strict du matériel utilisé, et d'autre part, une attention poussée aux conditions extérieures pouvant influencer sur la qualité des mesures.

Il a ainsi été nécessaire de faire un étalonnage des capteurs au début de chaque journée de mesure avant de les utiliser. De même une attention particulière a été portée à la fixation des capteurs sur le sol afin de prévenir tout mouvement relatif même infime entre la structure et l'accéléromètre.

L'orientation des capteurs selon une direction ou une autre une direction qui lui est perpendiculaire dans le plan horizontal n'a pas provoqué une différence significative dans les résultats. Ceci est dû à l'architecture parfaitement symétrique du monument, malgré que la direction prépondérante du vent orientée de la terre ferme vers la mer (S.O.-N.E).

Le fait de disposer uniquement de trois accéléromètres non tous identiques a limité l'enregistrement du signal à seulement deux étages à la fois pour garder les mêmes conditions de qualité de réponse des capteurs. Une vérification des spectres de réponse de chacun des deux modèles nous indique bien qu'ils ne peuvent être utilisés à la fois pour comparer des résultats.

L'influence des longueurs de câbles utilisés a aussi été vérifiée. Au niveau d'un même étage, on utilise à chaque fois des câbles d'une longueur de 3 mètres. Lorsque le branchement se fait sur plus d'un étage, on utilise des câbles de 30 mètres de long. L'influence de ces câbles longs a été vérifiée comme étant très faibles et sans influence sur les résultats.

Ne pouvant maîtriser entièrement les conditions d'environnement immédiat, on a procédé à l'isolement et à l'étude de chaque facteur exogène. Ainsi ne pouvant empêcher les montées et descentes d'ascenseurs, une mesure du signal engendré par celles-ci a été effectuée et les fréquences induites par elles déterminées. Il se trouve qu'elles se situent à des niveaux fréquentiels beaucoup plus élevés que celui de notre étude, et leur effet peut être séparé sur les spectres pour ne garder que la réponse utile de la structure.

De la même façon ne pouvant arrêter le système de climatisation, son spectre et donc ses fréquences propres et leurs harmoniques sont mises en évidence et leurs valeurs connues.

Les résultats provenant des différentes influences sont exploités afin de les déduire des spectres des mesures effectuées aux différents étages de la tourelle du monument.

Une perturbation n'a pas pu être enregistrée et étudiée. C'est un phénomène de grande turbulence provoqué par le mouvement de l'air à l'intérieur de la palme qui comporte l'escalier métallique lorsque la porte attenante au niveau du sol est ouverte en même temps que les fenêtres de l'observatoire au niveau de la coupole. Ce qui constitue un phénomène de tuyère. Un phénomène aléatoire non stationnaire est ainsi constaté ([PAQ,79], [WAR,66], [WEN,75]). Les mesures sont arrêtées lorsque le phénomène se produit.

Les sources d'excitation de l'environnement ambiant étant très nombreuses et diversifiées, il est nécessaire d'effectuer l'enregistrement du signal de réponse en un point quelconque en même temps qu'en un point de référence, à défaut de pouvoir enregistrer le signal d'excitation. Tous les enregistrements sont effectués avec pour référence le signal du niveau 22 ; ce niveau ayant le signal de plus grande amplitude.

Les signaux en bouts d'ailes sont quant à eux enregistrés en même temps que le signal relevé au centre du palier du même étage.

L'étude des spectres fréquentiels provenant de ces différentes mesures permet de distinguer nettement que pour l'ensemble de la structure, trois valeurs de fréquences sont retrouvées à chaque fois sur l'ensemble des spectres. Ces valeurs sont en fait plusieurs valeurs très rapprochées qui arrivent à former un pic distinct et de grande amplitude. En fonction de la position de mesure, ou de l'excitation instantanée, c'est l'une ou l'autre de ces fréquences très rapprochées qui apparaît avoir l'amplitude maximale. Ce qui est parfaitement normal puisque

la réponse fréquentielle d'une structure complexe est la résultante des composantes fréquentielles de ses différentes parties et éléments qui la composent.

Ainsi on a pu distinguer après avoir entrepris ces mesures, trois fréquentielles : une première valeur entre 2.279 Hz et 2.312 Hz avec une prédominance de la valeur de 2.281Hz, une deuxième valeur entre 6.921 Hz et 7,828 Hz et une troisième valeur entre 9,203 Hz et 9,218 Hz avec une prépondérance de la valeur de 9,218 Hz. On obtient aussi dans de nombreuses mesures une quatrième valeur de fréquence d'amplitude nettement moins importante située entre 4,968 et 4.984 Hz qui à notre avis est dû à une sous harmonique des signaux de l'armoire de climatisation.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude nous a permis de déterminer expérimentalement les fréquences propres de vibration d'une structure de grande hauteur d'une architecture particulière caractérisée par la forme en trépied et d'une tour médiane d'une hauteur élevée. Elle permet aussi de distinguer les pics fréquentiels correspondants aux modes locaux et les comportements structuraux constatés aux différents niveaux de la construction.

Malgré l'absence de mesure de la force du vent, il a été mis en évidence que son effet est minime comparé aux autres sources d'excitation. Par contre, les sources d'excitation micro sismiques et d'ambiance ont constitué la principale source continuellement présente et offrant la possibilité de prises de mesures de réponses vibratoires. L'exploitation détaillée des différentes fonctions extraites de ces mesures nous renseigne d'une foule de détails sur les caractéristiques actuelles de la construction.

Ces informations sont aussi exploitables à des fins de comparaison de résultats après une longue période afin de déterminer l'effet du vieillissement du béton sur le changement des caractéristiques structurales du monument.

Cependant les limites de ce travail se retrouvent dans l'impossibilité de faire subir à la structure un balayage par excitation sinusoïdale couvrant lentement un large domaine de fréquences, afin de déterminer et confirmer les possibles pics de résonance.

Les moyens et outils de calculs étant maintenant beaucoup plus disponibles, il serait judicieux de réaliser une étude du comportement vibratoire du monument nationale par approche numérique afin d'améliorer les hypothèses et formulations d'étude par confrontation aux valeurs obtenues par l'expérimentation.

BIBLIOGRAPHIE

[ABD,85] – ABDEL-GHAFFAR A.M. and SCANLAN R.H., Ambient vibration studies of Golden Gate bridge II. Pier-Tower Structure'. *Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 111, No. 4, April 1985, pp. 483-499.

[ANS,04] – ANSHUMAN, J., 'Dynamic testing of structures using scale models', Master's thesis, Concordia University (2004)

[BAR,99] –BARROSO, L.R. and SMITH, H. A., 'Performance Evaluation of Vibration Controlled Steel Structures under Seismic Loading' *The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University*, Report No 133, TR No 133, (June 1999)

[BAX,75] – BAXTER , G.K., and EVAN-IVANOUVSKI, R.M., ' Response of a column in Random vibration test'. *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 101, no. ST9, Proc Paper 11568, pp. 1749-1761, (Sept 1975).

[BEN,86] – BENDAT, J.S. and PIERSOL, A.G., '*Random data: analysis and measurement procedures*', (2nd Edition), John Wiley, New York, USA (1986).

[BER,88] – BERTERO V.V., BENDIMERAD F.M. and SHAH H.C., 'Fundamental Period of Reinforced Concrete Moment-Resisting Frame Structures' *The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University*, Report No 87, TR No 87, (October 1988)

[BLE,79] – BLEVINS, R.D., '*Formulas for natural frequency and mode shape*' New York : Van Nostrand Reinhold Co., c1979.

[BOU,66] – BOUWKAMP, J.G., and BLOHM, J.K., 'Dynamic Response of a two-story Steel Frame Structure', *Bulletin of Seismological Society of America*, vol. 56, no. 6, pp. 1289-1303, (Dec 1966).

[BOU,71] – BOUWKAMP, J.G., and REA, D., 'Dynamic properties of timber school buildings', *Bulletin of the Seismological Society of America* vol. 61, no. 4, pp. 961-974, (August 1971).

[BOU,73] – BOUWKAMP, J.G., and STEPHEN, R.M., 'Ambient and Forced Vibration Studies of a Multistory Pyramid-Shaped Building' Proc. 30, Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, (1973).

[BRO,80] – BROCH, J.T., '*Mechanical Vibration and Shock Measurements*', Brüel & Kjaer Instruments, (October 1980).

- [BRO,03] – BROWNJOHN, J. M. W., ‘Ambient vibration studies for system identification of tall buildings’, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Volume 32, Issue 1, pages 71–95, January 2003.
- [BRO,87] – BROWNJOHN, J.M.W., DUMANGOLU, A.A., SEVERN, R.T. and TAYLOR, C.A., ‘Ambient vibration measurements of the Humber suspension bridge and comparison with calculated characteristics’, *Proc. Inst Civ. Engrs: Part 2*, 83 (2nd edn), (1987), pp. 561–600.
- [CAM,82] – CAMPBELL, R.B., and VANDIVER, J.K., ‘The Determination of Modal Damping Ratios From Maximum Entropy Spectral Estimates’, *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, ASME*, vol. 104, pp. 78-85, (March 1982).
- [CAP,80] – CAPRA, A., et DAVIDOVICI, V., ‘*Calcul dynamique des structures en zone sismique*’, Editions Eyrolles, Paris (1980).
- [CAR,88] – CARNE, T.G., LAUFFER, J.P., GOMEZ, A.J. and BENJANNET, H., ‘Modal testing an immense flexible structure using natural and artificial excitation’. *Int. J. Analytical Experimental Modal Analysis*, 3 4 (1988), pp. 117–122.
- [ČAU,87] – ČAUŠEVIĆ, M.S., ‘Mathematical modelling and full-scale forced vibration testing of a reinforced concrete structure’ *Journal of Engineering Structures*, Volume 9, Issue 1, January 1987, Pages 2-8.
- [CHO,10] – CHOWDHURY, A. G., ALY, A. M., and BITSUAMLAK, G., ‘Full- and Large-Scale Testing to Promote Wind Disaster Mitigation’, The Fifth US-Japan (UJNR) Workshop on Wind Engineering, Chicago, USA, July 26-28, 2010.
- [CLO,93] – CLOUGH, R. W. and PENZIEN, J., ‘*Dynamics of Structures*’, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1993.
- [DAW,70] – DAWANCE, G., et VIANECKI, J., ‘Mouvements vibratoires des immeubles tours ou des structures de grandes hauteurs sous l’effet du vent’, *Annales de l’ITBTP*, no. 267-268, pp. 102-114, (Mars-Avril 1970).
- [DEN,85] – DEN HARTOG, J. P., ‘*Mechanical Vibrations*’, McGraw-Hill Book Company, Fourth Edition, (1985).
- [ENG,67] – ENGLEKIRK, R.E., and MATTHISEN, ‘Forced Vibration of an Eight-Story Reinforced Concrete Building’, *Bulletin of the Seismological Society of America* vol. 57 no. 3, pp. 421-436, (June 1967).
- [ESQ,63] – ESQUILLAN, N., SCRUTON, C., et GUERIN, A., ‘La Première Conférence Internationale Traitant des Effets du Vent sur les Bâtiments d’habitation, Constructions et Ouvrages de Genie6Civil’, *Annales de l’ITBTP*, no. 192, (Dec 1963).

- [FAR,97] – FARRAR, C.R. and JAMES III, G.H., ‘System Identification From Ambient Vibration Measurements on a Bridge’, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 205, Issue 1, 7 August 1997, Pages 1-18
- [FEL,10] – FELL, B. V., KANVINDE A. M. and G.G. DEIERLEIN, ‘ Large-scale testing and simulation of earthquake induced ultra-low cycle fatigue in bracing members subjected to cyclic inelastic buckling’ *The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University*, Report No 172, TR No 172, (August 2010)
- [FIL,02] — FILLIATRAULT, A., ‘*Elements of Earthquake Engineering and Structural Dynamics*’, Polytechnic International Press, Canada; 2nd edition (June 2002).
- [GAY,97] – GAYLORD, E.H.; GAYLORD, C.N. and STALLMEYER, J.E., ‘*Structural Engineering Handbook*’, New York. McGraw-Hill, (1997).
- [GRA,00] – GRAHAM KELLY, S., ‘*Fundamentals of mechanical vibrations*’, McGraw-Hill, 2nd Edition, (2000).
- [GUN,80] – GUNDY, W.T., SCHARTON, T.D. and THOMAS, R.L., ‘Damping measurements on an offshore platform Proc. 12th Offshore Technology Conf.Houston, TX, USA (1980), p. 4.
- [HAR,88] – HARRIS, C.M., and HARRIS, Cyril M., ‘*Shock and Vibration Handbook*’, 3rd ed., Mc Graw-Hill, New York, (1988).
- [HAR,75] – HART, G.C., DIJULIO, R.M., and LEW, M., ‘Torsion Response of High-Rise Buildings’, *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 101, no. ST2, Proc Paper 111261, pp. 397-416, (Feb 1975).
- [HAR,73] – HART, G.C., LEW, M., and DIJULIO, R. Jr., ‘High-Rise Building Response: Damping and Period Nonlinearities’, Proc. 179, Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome (1973).
- [HAR,75] – HART, G.C., and VASUDEVAN, R., ‘Earthquake Design of Building: Damping’, *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 101, no. ST1, Proc Paper 11041, pp. 11-30, (Jan 1975).
- [HUD,64] – HUDSON, D.E., ‘Resonance Testing of Full-Scale Structures’, *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, vol. 90, no. EM3, pp. 1-19, (June 1964).
- [INM,07] – INMAN, D.J., ‘*Engineering Vibration*’, Prentice Hall, Third edition, 2007.
- [JAM,92] – JAMES, G.H., CARNEL, T.G., AUFFER, J.P. and NORD, A.R., ‘ Modal testing using natural excitation’, Proc. 10th Int. Modal Analysis Conf. San Diego, CA, USA, 2 (2nd edn), (1992), pp. 1209–1216.

- [JEA,92] – JEARY, A.P., ‘Establishing non-linear damping characteristics of structures from non-stationary response time-histories’. *Journal of Engineering Structures*, 70 4 (1992), pp. 61–66.
- [JOH,82] – JOHNS, D.J., ‘Wind excited Behaviour of Structures III’, *Shock and Vibration Digest*, 14 No 7, pp 23-38, (1982).
- [KAN,04] – KANVINDE, A.M. and DEIERLEIN, G.G., ‘Home Micromechanical Simulation of Earthquake-Induced Fracture in Steel Structures’ *The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University*, Report No 145, TR No 145, (July 2004)
- [KIR,77] – KIRCHER, C.A., ‘Home Ambient and Forced Vibration Analysis of Full Scale Structures’ *The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University*, Report No 27, TR No 27, (November 1977)
- [KIR,79] – KIRCHER, C.A., DELFOSS, G.C., SCHOOF, C.C., KHEMICI, O., and SHAH, H.C., ‘Performance of a 230 KV ATB7 Power Circuit Breaker Mounted on Gapec Seismic Isolators’, *The John A. Blum Earthquake Engineering Center, Dept of Civil Engineering, Stanford University*, Report no. 40, TR No 14, (Sept 1979).
- [KIR,75] – KIRCHER, C.A. and SHAH, H.C., ‘Ambient Vibration Study of Six Similar High-Rise Apartment Buildings’ *The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University*, Report No 14, TR No 14, (January 1975)
- [44] – [KOH,93] – KOHOUTEK, R., ‘Tests on bridge over Talbragar river at Dubbo’, Proc., 11th Int. Modal Analysis Conf., Kissimme, FL, USA, 2 (1993), pp. 1168–1174.
- [45] – [LAL,80] – LALANNE, M., BERTHIER, P., DERHAGOPIAN, J., ‘*Mécanique des vibrations linéaires*’, Edition Masson, Paris, (1980).
- [LEE,91] – LEE, H.G. and DOBSON, B.J., ‘The direct measurement of structural mass, stiffness and damping properties’, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 145, Issue 1, 22 February 1991, Pages 61-81
- [LEE,87] – LEE, P.K.K., Ho, D. and CHUNG H, W., ‘Static and dynamic tests of concrete bridges’, *J. Structural Engineering, ASCE*, 113 1 (1987), pp. 61–73.
- [MAG,87] – MAGUIRE, J.R. and SEVERN, R.T., ‘Assessing the dynamic properties of prototype structures by hammer testing’, Proc. Instn Civ. Engrs.: Part 2, 83 (1987), pp. 769–784.
- [MAR,75] – MARSHALL, S.L., and THOMAS, V., ‘Vibration Measurement of Steel Transit Structures’, *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 101, no. ST9, Proc Paper 11557, pp. 1855-1869, (Jan 1975).
- [MCG,00] – MCGUIRE, W., GALLAGHER, R.H. and ZIEMIAN, R.D., ‘*Matrix Structural Analysis*’, 2nd Edition, John Wiley & Sons, MA, 2000.

- [PAG,75] – PAGGET, J.D., ‘Estimating Damping of Real Structures’, *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 101, no. ST9, Proc. Paper 11554, pp. 1823-1835, (Sept 1975).
- [PAQ,76] – PAQUET, J., ‘Etude Expérimentale du Comportement Dynamique des Structures’, *Annales de l’ITBTP*, no. 345, pp. 129-151, (Dec 1976).
- [PAQ,79] – PAQUET, J., ‘Etude Expérimentale in situ de l’Effet du Vent sur la Tour Maine-Montparnasse’, *Annales de l’ITBTP*, no. 376, pp. 41-70, (Oct 1979).
- [PAQ,78] – PAQUET, J., et BARNOUIN, B., ‘Comportement Dynamique d’une Tour Partiellement Immersée’, *Annales de l’ITBTP*, no. 360, pp. 30-39, (Avril 1978).
- [PRZ,85] – PRZEMIENIECKI, J.S., ‘*Theory of Matrix Structural Analysis*’, Courier Dover Publications, (1985).
- [RAO,99] – RAO, J.S. and GUPTA, K., ‘*Introductory Course on Theory and Practice of Mechanical Vibrations*’, New Age Publishers, 2nd Edition (1999).
- [RIC,87] – RICHARDSON, J.A. and DOUGLAS, B.M., ‘Identifying frequencies and three-dimensional mode shapes from a full scale bridge test’, Proc. 5th Int. Modal Analysis Conf., London, UK, (1987), pp. 160–165.
- [SCH,80] – SCHRIEVER, W. R., ‘*Full-Scale Load Testing of Structures - STP 702*’, ASTM (American Society for Testing & Materials) International, (1980).
- [SHI,08] – SHIN, K. and HAMMOND, J. K., ‘*Fundamentals of signal processing for sound and vibration engineers*’, John Wiley and Sons, (2008).
- [SVE,80] – SVETLICKIJ, V.A., ‘*Vibrations aléatoires des systèmes mécaniques*’, Edition Technique et Documentation, Paris, (1980).
- [TAO,75] – TAOKA, G.T., HOGAN, M., KHAN, F.R., and SCANLAN, R.H., ‘Ambient Response Analysis of some Tall Structures’, *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 101, no. ST1, Proc. Paper 11051, pp. 49-65, (Jan 1975).
- [TAŠ,88] – TAŠKOV, L.A., Dynamic testing of bridge structures applying forced and ambient vibration methods, Proc. Conf. on Civil Engineering Dynamics, Society for Earthquakes and Civil Engineering Dynamics, London, UK (1988) Paper 6.
- [63] – [THO,08] – THOMSON, W.T. and DAHLEH, M.D., ‘*Theory of Vibration with Applications*’, Pearson Education 5th Edition, (2008).
- [64] – [TIM,74] – TIMOSHENKO, S., YOUNG, D. H., WEAVER, W. Jr., ‘*Vibration problems in engineering*’, New York: Wiley, (1974).
- [66] – [TON,02] – TONGUE, B. H., ‘*Principles of vibration*’, Oxford University Press, 2 edition (2002).

- [TSA,88] – TSANG, W.F. and RIDER, E., ‘Modeling of structures using experimental forced vibration data with a particular application in force prediction’, RNEC Research Report RNEC-RP-88023, Royal Naval Engineering College, Plymouth, UK (1988).
- [TSE,78] – TSE, F. S., MORSE, I.E. and HINKLE, R.T., ‘*Mechanical Vibrations: Theory and Applications*’, Allen & Bacon (1978).
- [UDW,73] – UDWADIA, F.E., and TRIFUNAC, M.D., ‘Ambient Vibration Tests of Full-Scale Structures’, Proc. 178, Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome (1973).
- [VAN,96] – VANCE, V.L. and SMITH, H.A., ‘Effects of Architectural Walls on Building Response to Ambient and Seismic Excitations’ *The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University*, Report No 117, TR No 117, (June 1996)
- [WAR,66] – WARD, H.S., and CRAWFORD, R., ‘Wind-induced and Building Modes’, *Bulletin of Seismological Society of America*, vol. 56, no. 4, pp. 793-813, (August 1966).
- [WEN,75] – WEN, Y.K., ‘Dynamic Tornadic Loads on Tall Buildings’, *Journal of the Structural Division, ASCE*, vol. 101, no. ST1, Proc. Paper 11045, pp. 145-169, (Jan 1975).
- [WIL,83] – WILLIAMS, C., ‘Vibration monitoring of some civil engineering structures’, B.S.S.M. / I.Mech.E. Joint Conf. Measurement in the Vibration Environment, British Society for Strain Measurement, Durham, UK (1983).
- [WIL,90] – WILLIAMS, C., ‘The effects of vibration on large structures and the determination of dynamic characteristics Int. Conf on Engineering Integrity through Testing Birmingham, UK (1990), pp. 441–452.
- [WIL,92] – WILLIAMS, C., ‘Testing of large structures using vibration techniques Structural integrity assessment’, Elsevier Applied Science, London, UK (1992), pp. 229–290.
- [WIT,82] – WITTRICK, W.H. and WILLIAMS, F.W., ‘On the free vibration analysis of spinning structures by using discrete or distributed mass models’, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 82, Issue 1, 8 May 1982, Pages 1-15.
- [WOO,92] – WOOD, M.G., FRISWELL M.I., and PENNY, J.E.T., ‘Exciting large structures using a bolt-gun’, Proc. 10th Int. Modal Analysis Conf., San Diego, CA, USA, 1 (1992), pp. 233–238.
- [YAN,81] – YANG, J.N., and LIN, Y.K., ‘Along-Wind Motion of Multistory Building’, *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, vol. 107, no. EM2, pp. 295-307, (April 1981).
- [ZIE,91] – ZIENKIEWICZ, O. C. and TAYLOR, R. L., ‘*The Finite Element Method*’, 4th Edition, Vol. 2, McGraw-Hill, London, (1991).

ANNEXES

Tableau de prise des mesures et enregistrements et tracés correspondants

Prise de mesure				Traitement		
Date	Heure	Index bande	Conditions	Date	Figures	Tracés
26/04/1986	17:23	73-136	2 Capteurs B&K 4368 Canal A: Centre niveau 4 Canal B: Bout de palme 2	15/07/1986		E260486-t1 E260486-t2 E260486-t3 E260486-t4
27/04/1986	16:07	150-180	A: Centre niveau Hall (fil court) B: Bout de palme (fil 30 mètres)	16/07/1986		E270486-t1 E270486-t2 E270486-t3
28/04/1986	14:30		Centre niveau Hall Porte salle climatisation ouverte	23/06/1986		E280486-1430-1 E280486-1430-2 E280486-1430-3 E280486-1430-4
	15:07	240-265		23/06/1986	E280486-1507-1 E280486-1507-2 E280486-1507-3 E280486-1507-4 E280486-1507-5 E280486-1507-6	E280486-1507-t1 E280486-1507-t2 E280486-1507-t3 E280486-1507-t4
	15:22		Echelle de fréquence de 0 à 800 Hz. Pics tous les 50 et 100 Hz.	26/07/1986	E280486-1522-1 E280486-1522-2 E280486-1522-3 E280486-1522-4 E280486-1522-5	E280486-1522-t1 E280486-1522-t2 E280486-1522-t3 E280486-1522-t4 E280486-1522-t5
	15:35	280-290	Capteur fixé à la base de l'armoire de climatisation Fréquence calculée : 300 Hz	02/07/1986	E280486-1535-1 E280486-1535-2 E280486-1535-3 E280486-1535-4 E280486-1535-5	
	16:25	340-420	A: Centre du niveau. B: Bout d'aile même niveau. Même longueur de câble (30 mètres)		E280486-1625-1 E280486-1625-2 E280486-1625-3 E280486-1625-4 E280486-1625-5 E280486-1625-6 E280486-1625-7	E280486-1625-t1 E280486-1625-t2 E280486-1625-t3 E280486-1625-t4 E280486-1625-t5 E280486-1625-t6 E280486-1625-t7
	16:30	420-435	Enregistremt bruit électroniques Capteurs déconnectés Câbles de 30 mètres	14/06/1986	E280486-1630-1 E280486-1630-2 E280486-1630-3 E280486-1630-4 E280486-1630-5 E280486-1630-6 E280486-1630-7 E280486-1630-8	E280486-1630-t1 E280486-1630-t2

	16:55	440-477	<p>A: centre du Hall B: centre de observatoire. Coups sur le sol. (D): Montée ascenseurs. Fils fixés au sol. Différentes longueurs de cables</p>	29/07/1986	<p>E280486-1655-1 E280486-1655-2 E280486-1655-3 E280486-1655-4 E280486-1655-5 E280486-1655-6 E280486-1655-7 E280486-1655-8 E280486-1655-9 E280486-1655-10 E280486-1655-11 E280486-1655-12 E280486-1655-13 E280486-1655-14 E280486-1655-15 E280486-1655-16 E280486-1655-17 E280486-1655-18 E280486-1655-19 E280486-1655-20 E280486-1655-21 E280486-1655-22 E280486-1655-23</p>	<p>E280486-1655-t1 E280486-1655-t2 E280486-1655-t3 E280486-1655-t4 E280486-1655-t5 E280486-1655-t6 E280486-1655-t7 E280486-1655-t8 E280486-1655-t9 E280486-1655-t10 E280486-1655-t11</p>
	17:24		<p>Echelle de fréquence de 0 à 800 Hz. Pics tous les 50 et 100 Hz.</p>	06/07/1986	<p>E280486-1724-1 E280486-1724-2 E280486-1724-3 E280486-1724-4 E280486-1724-5 E280486-1724-6 E280486-1724-7</p>	<p>E280486-1724-t1 E280486-1724-t2 E280486-1724-t3 E280486-1724-t4 E280486-1724-t5 E280486-1724-t6 E280486-1724-t7 E280486-1724-t8 E280486-1724-t9 E280486-1724-t10 E280486-1724-t11 E280486-1724-t12</p>

30/04/1986	9:55	490-520	A: centre du Hall B: centre de observatoire Mêmes capteurs (B&K 4370) Différents réglages	02/07/1986 30/08/1986	E280486-0955-1 E280486-0955-2 E280486-0955-3 E280486-0955-4 E280486-0955-5 E280486-0955-6 E280486-0955-7 E280486-0955-8 E280486-0955-9 E280486-0955-10 E280486-0955-11 E280486-0955-12	E280486-0955-t1 E280486-0955-t2 E280486-0955-t3 E280486-0955-t4 E280486-0955-t5 E280486-0955-t6 E280486-0955-t7 E280486-0955-t8 E280486-0955-t9 E280486-0955-t10 E280486-0955-t11 E280486-0955-t12 E280486-0955-t13 E280486-0955-t14 E280486-0955-t15 E280486-0955-t16 E280486-0955-t17 E280486-0955-t18 E280486-0955-t19 E280486-0955-t20 E280486-0955-t21 E280486-0955-t22 E280486-0955-t23 E280486-0955-t24 E280486-0955-t25 E280486-0955-t26 E280486-0955-t27 E280486-0955-t28 E280486-0955-t29 E280486-0955-t30 E280486-0955-t31 E280486-0955-t32
	10:16	520-530		30/08/1986	E040586-1016-1 E040586-1016-2 E040586-1016-3	E040586-1016-t1
	10:25	530-550		30/08/1986	E040586-1025-1	E040586-1025-t1
	11:15	550-593 593-600	A: centre du Hall capteur 4370 B:centre de observ. Capt. 8306 Les 2 capteurs au même point et avec les mêmes réglages.	31/08/1986	E040586-1115-A-1 E040586-1115-A-2 E040586-1115-B-1 E040586-1115-B-2	E040586-1115-A-t1 E040586-1115-A-t2 E040586-1115-A-t3
04/05/1986	15:47	0-20	Les 2 capteurs au centre du Hall.	01/09/1986	E040586-1547-1 E040586-1547-2 E040586-1547-3	E040586-1547-t1 E040586-1547-t2
	16:27	20-70	1/ A: centre Hall capt.4370 B: centre niveau technique (8306) 2/ idem avec 2 capteurs 4370 3/ idem que 2/ avec effet ascenseur.	02/09/1986	E040586-1627-1 E040586-1627-2	E040586-1627-t1 E040586-1627-t2
	17:16	80-155	1/ A: centre Hall capt.4370 B: centre niveau technique (8306) 2/ idem avec capteurs 4370 avec et sans effet d'ascenseur.	06/09/1986	E040586-1716-1 E040586-1716-2 E040586-1716-3 E040586-1716-4	E040586-1716-t1 E040586-1716-t2 E040586-1716-t3 E040586-1716-t4 E040586-1716-t5

11/05/1986	15:10	160-210	Etalonnage des 3 accéléromètres Les 3 capt au même point et dans la même direction (vent) A et B: capteurs 4370 C: capteur 8306	09/09/1986	E110586-1510-1 E110586-1510-2 E110586-1510-3 E110586-1510-4 E110586-1510-5	E110586-1510-t1 E110586-1510-t2 E110586-1510-t3 E110586-1510-t4
	15:40	210-250	A: bas échelle menant au sommet de palme. Signal periodique de niveau très élevé.	08/09/1986	E110586-1540-1 E110586-1540-2 E110586-1540-3 E110586-1540-4	E110586-1540-t1 E110586-1540-t2 E110586-1540-t3
	16:35	250-315	A: descendu centre hall. Même direction que les 2 autres situés au centre de l'observatoire. Porte armoire clim ouverte.	09/09/1986	E110586-1635-1 E110586-1635-2	E110586-1635-t1 E110586-1635-t2 E110586-1635-t3 E110586-1635-t4
	17:55	320-370	A: descendu au niveau technique 3 Mêmes conditions que précédemment.	09/09/1986	E110586-1755-1 E110586-1755-2 E110586-1755-3 E110586-1755-4 E110586-1755-5 E110586-1755-6	E110586-1755-t1 E110586-1755-t2 E110586-1755-t3 E110586-1755-t4
15/05/1986	E	370-415	A: capt. 4370 centre technique 2 B: capt. 4370 centre observatoire Pas d'excitation.	09/09/1986	E150586-E-1 E150586-E-2	E150586-E-t1 E150586-E-t2
	F	415-465	A: capt. 4370 centre technique 1 B: capt. 4370 centre observatoire Pas d'excitation.	09/09/1986	E150586-F-1 E150586-F-2	E150586-F-t1 E150586-F-t2
19/05/1986			2 bouts d'ailes.		E190586-1 E190586-2 E190586-3 E190586-4 E190586-5 E190586-6 E190586-7	E190586-t1

Liste des Figures et Tracés

Figure A-0 : Coupe longitudinale d'une palme dans l'axe du noyau central illustrant les différents diaphragmes et niveaux.

Figure A- 1 : E260486-t1

Figure A- 2 : E260486-t2

Figure A- 3 : E260486-t3

Figure A- 4 : E260486-t4

Figure A- 5 : E270486-t1

Figure A- 6 : E270486-t2

Figure A- 7 : E270486-t3

Figure A- 8 : E280486-1430-t1

Figure A- 9 : E280486-1430-t2

Figure A-10 : E280486-1430-t3

Figure A-11 : E280486-1430-t4

Figure A-12 : E280486-1507-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B en RMS avec échelle linéaire.

Figure A-13 : E280486-1507-2. Spectre de puissance fréquentielle à l'entrée A en échelles linéaire et logarithmique.

Figure A-14 : E280486-1507-3. Spectre fréquentiel en puissance et en RMS à l'entrée A en échelle linéaire.

Figure A-15 : E280486-1507-4. Spectre fréquentiel en puissance et en RMS à l'entrée A en échelle logarithmique

Figure A-16 : E280486-1507-5. Spectre fréquentiel en RMS à l'entrée A en échelle linéaire.

Figure A-17 : E280486-1507-6. Spectre de puissance fréquentielle à l'entrée A en échelle logarithmique.

Figure A-18 : E280486-1507-t1

Figure A-19 : E280486-1507-t2

Figure A-20 : E280486-1507-t3

Figure A-21 : E280486-1507-t4

Figure A-22 : E280486 -1522-1. Spectre fréquentiel de l'entrée A en puissance logarithmique et RMS linéaire.

Figure A-23 : E280486 -1522-2. Spectre fréquentiel de l'entrée A en puissance et RMS en échelles logarithmiques.

Figure A-24 : E280486 -1522-3. Spectre de puissance fréquentielle de l'entrée A en échelle logarithmique.

Figure A-25 : E280486 -1522-4. Spectre fréquentiel RMS de l'entrée A en échelle linéaire.

Figure A-26 : E280486 -1522-5. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle linéaire.

Figure A-27 : E280486 -1522-t1

Figure A-28 : E280486 -1522-t2

Figure A-29 : E280486 -1522-t3

Figure A-30 : E280486 -1522-t4

Figure A-31 : E280486 -1522-t5

Figure A-32 : E280486-1535-1. Signal temporel et spectre instantané RMS de l'entrée A en échelle linéaire.

Figure A-33 : E280486-1535-2. Spectre fréquentiel de l'entrée A avec deux facteurs d'échelle différents.

Figure A-34 : E280486-1535-3. Auto corrélation de l'entrée A.

Figure A-35 : E280486-1535-4. Partie réelle et partie imaginaire du Cepstre de l'entrée A.

Figure A-36 : E280486-1535-5. Amplitude du cepstre de l'entrée A.

Figure A-37 : E280486-1625-1. Phase de l'autocorrélation des entrées A et B.

Figure A-38 : E280486-1625-2. Spectre fréquentiel de l'entrée B pour les domaines 0 à 50Hz et 0 à 25 Hz.

Figure A-39 : E280486-1625-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B sur le domaine 0 à 50 Hz avec échelle logarithmique.

Figure A-40 : E280486-1625-4. Spectre croisé des entrées A et B en amplitudes logarithmique et linéaire.

Figure A-41 : E280486-1625-5. Phases de l'autocorrélation des entrées A et B

Figure A-42 : E280486-1625-6. Spectres fréquentiels des entrées A et B en amplitudes linéaires.

Figure A-43 : E280486-1625-7. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en amplitudes logarithmiques.

Figure A-44 : E280486-1625-t1

Figure A-45 : E280486-1625-t2

Figure A-46 : E280486-1625-t3

Figure A-47 : E280486-1625-t4

Figure A-48 : E280486-1625-t5

Figure A-49 : E280486-1625-t6

Figure A-50 : E280486-1625-t7

Figure A-51 : E280486-1630-1. Cohérence des deux entrées A et B.

Figure A-52 : E280486-1630-2. Cohérence des deux entrées A et B.

Figure A-53 : E280486-1630-3. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.

Figure A-54 : E280486-1630-4. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.

Figure A-55 : E280486-1630-5. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.

Figure A-56 : E280486-1630-6. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.

Figure A-57 : E280486-1630-7. Amplitude du spectre de puissance fréquentielle croisée des entrées A et B.

Figure A-58 : E280486-1630-8. Spectres fréquentiels RMS des entrées A et B en échelle logarithmique.

Figure A-59 : E280486-1630-t1

Figure A-60 : E280486-1630-t2

Figure A-61 : E280486-1655-1. Puissance de cohérence des entrées A et B en échelle logarithmique..

Figure A-62 : E280486-1655-2. Puissance de cohérence des entrées A et B en échelle logarithmique.

Figure A-63 : E280486-1655-3. Réponse à impulsion et intensité sonore du signal enregistré.

Figure A-64 : E280486-1655-4. Parties réelles du cepstre des deux entrées A et B.

Figure A-65 : E280486-1655-5. Parties réelle et imaginaire du signal temporel à l'entrée A.

Figure A-66 : E280486-1655-6. Spectre croisé des deux entrées A et B en partie réelle et diagramme de Nichols.

Figure A-67 : E280486-1655-7. Parties réelle et imaginaire de la réponse fréquentielle H1.

Figure A-68 : E280486-1655-8. Parties réelle et phase de la réponse fréquentielle H1.

Figure A-69 : E280486-1655-9. Parties réelle et phase de la réponse fréquentielle H1.

Figure A-70 : E280486-1655-10. Cohérence et rapport signal / bruit.

Figure A-71 : E280486-1655-11. Cohérence et rapport signal / bruit.

Figure A-72 : E280486-1655-12. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle logarithmique.

Figure A-73 : E280486-1655-13. Spectre fréquentiel en RMS de l'entrée A en échelle logarithmique.

Figure A-74 : E280486-1655-14. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle logarithmique.

Figure A-75 : E280486-1655-15. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.

Figure A-76 : E280486-1655-16. Parties réelle et phase du spectre croisé.

Figure A-77 : E280486-1655-18. Phase et amplitude du signal temporel.

Figure A-78 : E280486-1655-19. Amplitude du spectre croisé et cohérence.

Figure A-79 : E280486-1655-20. Amplitude du spectre croisé et cohérence.

Figure A-80 : E280486-1655-21. Amplitude de la réponse fréquentielle H2.

Figure A-81 : E280486-1655-22. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.

Figure A-82 : E280486-1655-23. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle linéaire.

Figure A-83 : E280486-1655-t1

Figure A-84 : E280486-1655-t2

Figure A-85 : E280486-1655-t3

Figure A-86 : E280486-1655-t4

Figure A-87 : E280486-1655-t5

Figure A-88 : E280486-1655-t6

Figure A-89 : E280486-1655-t7

Figure A-90 : E280486-1655-t8

Figure A-91 : E280486-1655-t9

Figure A-92 : E280486-1655-t10

Figure A-93 : E280486-1655-t11

- Figure A-94 : E280486-1724-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.
Figure A-95 : E280486-1724-2. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle linéaire.
Figure A-96 : E280486-1724-3. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle linéaire.
Figure A-97 : E280486-1724-4. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.
Figure A-98 : E280486-1724-5. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle linéaire.
Figure A-99 : E280486-1724-6. Phases des fonctions d'autocorrélation des entrées A et B.
Figure A-100 : E280486-1724-7. Amplitude et phase du spectre croisé.
Figure A-101 : E280486-1724-t1
Figure A-102 : E280486-1724-t2
Figure A-103 : E280486-1724-t3
Figure A-104 : E280486-1724-t4
Figure A-105 : E280486-1724-t5
Figure A-106 : E280486-1724-t6
Figure A-107 : E280486-1724-t7
Figure A-108 : E280486-1724-t8
Figure A-109 : E280486-1724-t9
Figure A-110 : E280486-1724-t10
Figure A-111 : E280486-1724-t11
Figure A-112 : E280486-1724-t12
- Figure A-113 : E300486-0955-1. Spectres fréquentiels RMS des entrées A et B en échelle linéaire.
Figure A-114 : E300486-0955-2. Parties réelles de l'autocorrélation des signaux aux entrées A et B.
Figure A-115 : E300486-0955-3. Corrélation croisée des signaux des entrées A et B.
Figure A-116 : E300486-0955-4. Amplitude et phase du spectre croisée.
Figure A-117 : E300486-0955-5. Cohérence et rapport signal / bruit.
Figure A-118 : E300486-0955-6. Puissances de cohérence et de non cohérence en RMS, échelle linéaire.
Figure A-119 : E300486-0955-7. Puissances de cohérence et de non cohérence en RMS, échelle linéaire.
Figure A-120 : E300486-0955-8. Signal temporel aux entrées A et B.
Figure A-121 : E300486-0955-9. Parties réelle et imaginaire du signal temporel de l'entrée A.
Figure A-122 : E300486-0955-10. Spectres instantanés RMS aux entrées A et B en échelle linéaire.
Figure A-123 : E300486-0955-11. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.
Figure A-124 : E300486-0955-12. Puissance de cohérence et de non cohérence en échelle logarithmique.
Figure A-125 : E300486-0955-t1
Figure A-126 : E300486-0955-t2
Figure A-127 : E300486-0955-t3
Figure A-128 : E300486-0955-t4
Figure A-129 : E300486-0955-t5
Figure A-130 : E300486-0955-t6
Figure A-131 : E300486-0955-t7
Figure A-132 : E300486-0955-t8
Figure A-133 : E300486-0955-t9
Figure A-134 : E300486-0955-t10
Figure A-135 : E300486-0955-t11
Figure A-136 : E300486-0955-t12
Figure A-137 : E300486-0955-t13
Figure A-138 : E300486-0955-t14
Figure A-139 : E300486-0955-t15
Figure A-140 : E300486-0955-t16
Figure A-141 : E300486-0955-t17
Figure A-142 : E300486-0955-t18
Figure A-143 : E300486-0955-t19
Figure A-144 : E300486-0955-t20
Figure A-145 : E300486-0955-t21
Figure A-146 : E300486-0955-t22
Figure A-147 : E300486-0955-t23
Figure A-148 : E300486-0955-t24

Figure A-149 : E300486-0955-t25
Figure A-150 : E300486-0955-t26
Figure A-151 : E300486-0955-t27
Figure A-152 : E300486-0955-t28
Figure A-153 : E300486-0955-t29
Figure A-154 : E300486-0955-t30
Figure A-155 : E300486-0955-t31
Figure A-156 : E300486-0955-t32

Figure A-157 : E300486-1016-1. Spectres de puissance fréquentielle aux entrées A et B en échelle logarithmique.
Figure A-158 : E300486-1016-2. Spectre de puissance fréquentielle de l'entrée A en échelle logarithmique.
Figure A-159 : E300486-1016-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A en linéaire et B en logarithmique.
Figure A-160 : E300486-1016-t1

Figure A-161 : E300486-1025-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.
Figure A-162 : E300486-1025-t1

Figure A-163 : E300486-1115-A-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-164 : E300486-1115-A-2. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-165 : E300486-1115-A-t1
Figure A-166 : E300486-1115-A-t2
Figure A-167 : E300486-1115-A-t3

Figure A-168 : E300486-1115-B-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle linéaire.
Figure A-169 : E300486-1115-B-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

Figure A-170 : E040586-1547-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-171 : E040586-1547-2. Spectres instantanés aux entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-172 : E040586-1547-3. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-173 : E040586-1547-t1
Figure A-174 : E040586-1547-t2

Figure A-175 : E040586-1627-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle linéaire.
Figure A-176 : E040586-1627-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-177 : E040586-1627-t1
Figure A-178 : E040586-1627-t2

Figure A-179 : E040586-1716-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-180 : E040586-1716-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-181 : E040586-1716-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-182 : E040586-1716-4. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-183 : E040586-1716-t1
Figure A-184 : E040586-1716-t2
Figure A-185 : E040586-1716-t3
Figure A-186 : E040586-1716-t4
Figure A-187 : E040586-1716-t5

Figure A-188 : E110586-1510-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-189 : E110586-1510-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-190 : E110586-1510-3. Amplitude et phase du spectre croisé des entrées A et B.
Figure A-191 : E110586-1510-4. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-192 : E110586-1510-5. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-193 : E110586-1510-t1
Figure A-194 : E110586-1510-t2
Figure A-195 : E110586-1510-t3
Figure A-196 : E110586-1510-t4

- Figure A-197 : E110586-1540-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-198 : E110586-1540-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-199 : E110586-1540-3. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-200 : E110586-1540-4. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-201 : E110586-1540-t1
Figure A-202 : E110586-1540-t1
Figure A-203 : E110586-1540-t2
- Figure A-204 : E110586-1635-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-205 : E110586-1635-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-206 : E110586-1635-t1
Figure A-207 : E110586-1635-t2
Figure A-208 : E110586-1635-t3
Figure A-209 : E110586-1635-t4
- Figure A-210 : E110586-1755-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-211 : E110586-1755-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-212 : E110586-1755-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-213 : E110586-1755-4. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-214 : E110586-1755-5. Spectre fréquentiel à l'entrée A amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-215 : E110586-1755-6. Spectre fréquentiel à l'entrée B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-216 : E110586-1755-t1
Figure A-217 : E110586-1755-t2
Figure A-218 : E110586-1755-t2
Figure A-219 : E110586-1755-t3
- Figure A-220 : E150586-E-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-221 : E150586-E-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-222 : E150586-E-t1
Figure A-223 : E150586-E-t2
- Figure A-224 : E150586-F-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-225 : E150586-F-2. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.
Figure A-226 : E150586-F-t1
Figure A-227 : E150586-F-t2
- Figure A-228 : E190586-1. Spectres instantanés aux entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-229 : E190586-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.
Figure A-230 : E190586-3. Puissance de cohérence et de non cohérence entre les entrées A et B.
Figure A-231 : E190586-4. Spectre croisé et cohérence entre les entrées A et B
Figure A-232 : E190586-5. Auto corrélation aux entrées A et B
Figure A-233 : E190586-6. Spectres temporels des entrées A et B.
Figure A-234 : E190586-7. Amplitude et phase de la corrélation croisée.
Figure A-235 : E190586-t1

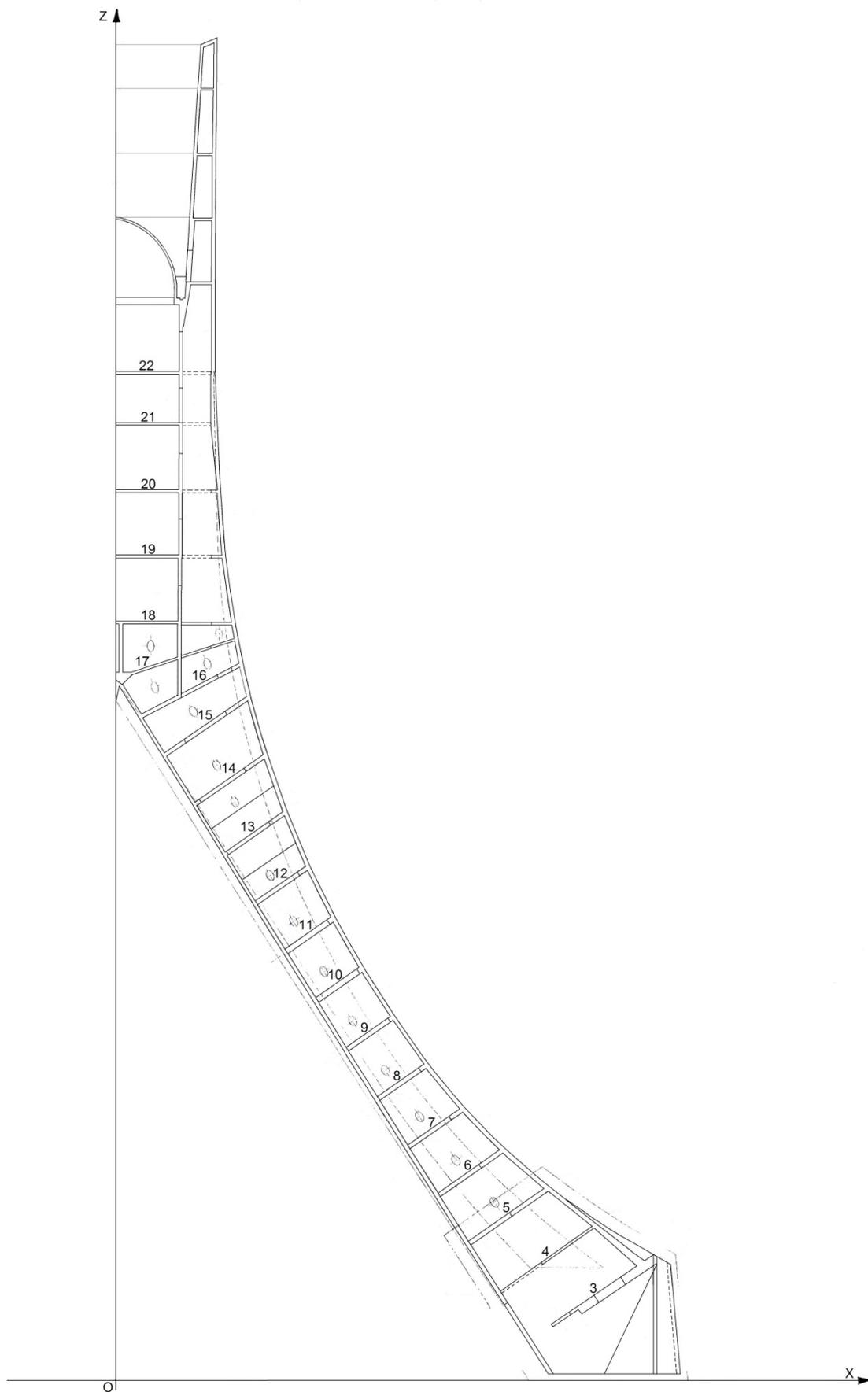
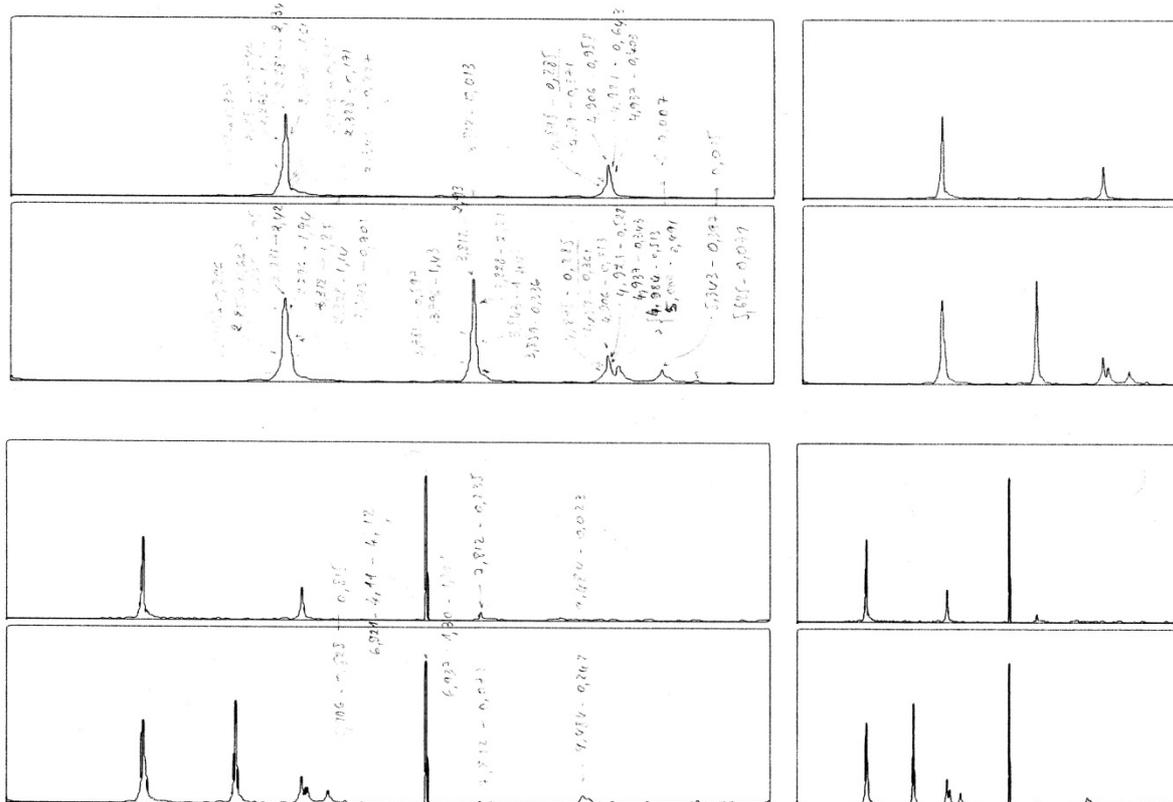


Figure A-0 : Coupe longitudinale d'une palme dans l'axe du noyau central illustrant les différents diaphragmes et niveaux.



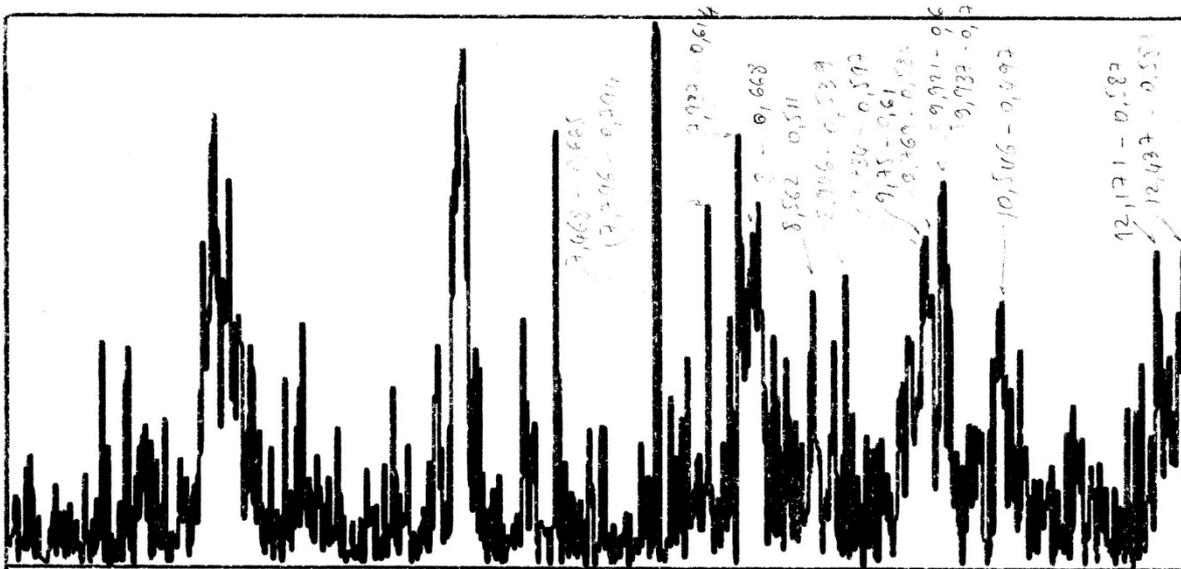


Figure A- 3 : E260486-t3

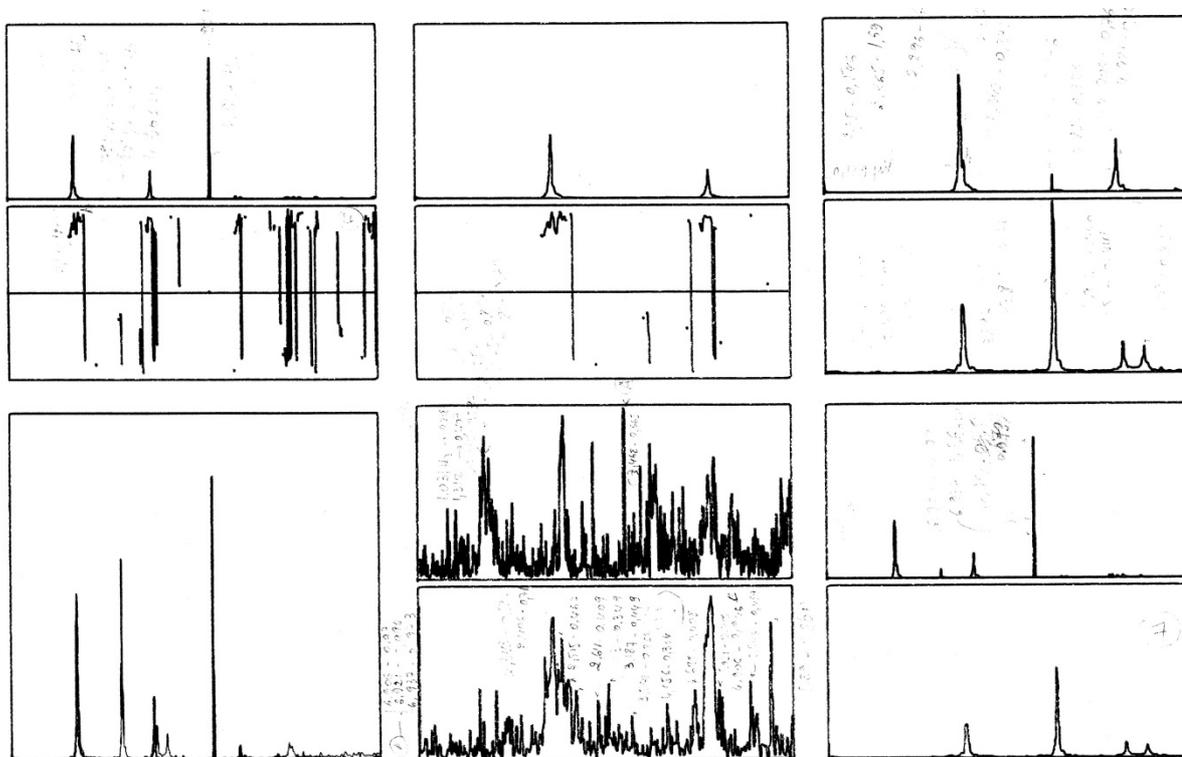


Figure A- 4 : E260486-t4

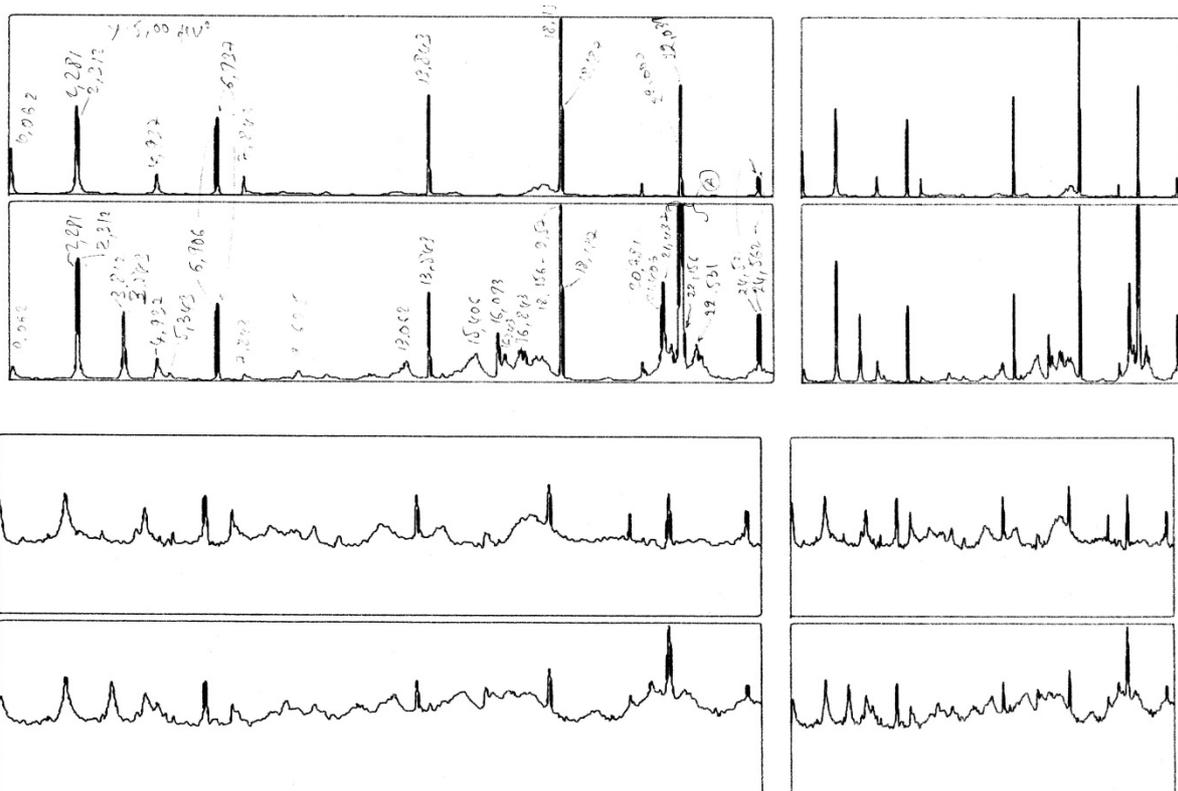


Figure A- 5 : E270486-t1

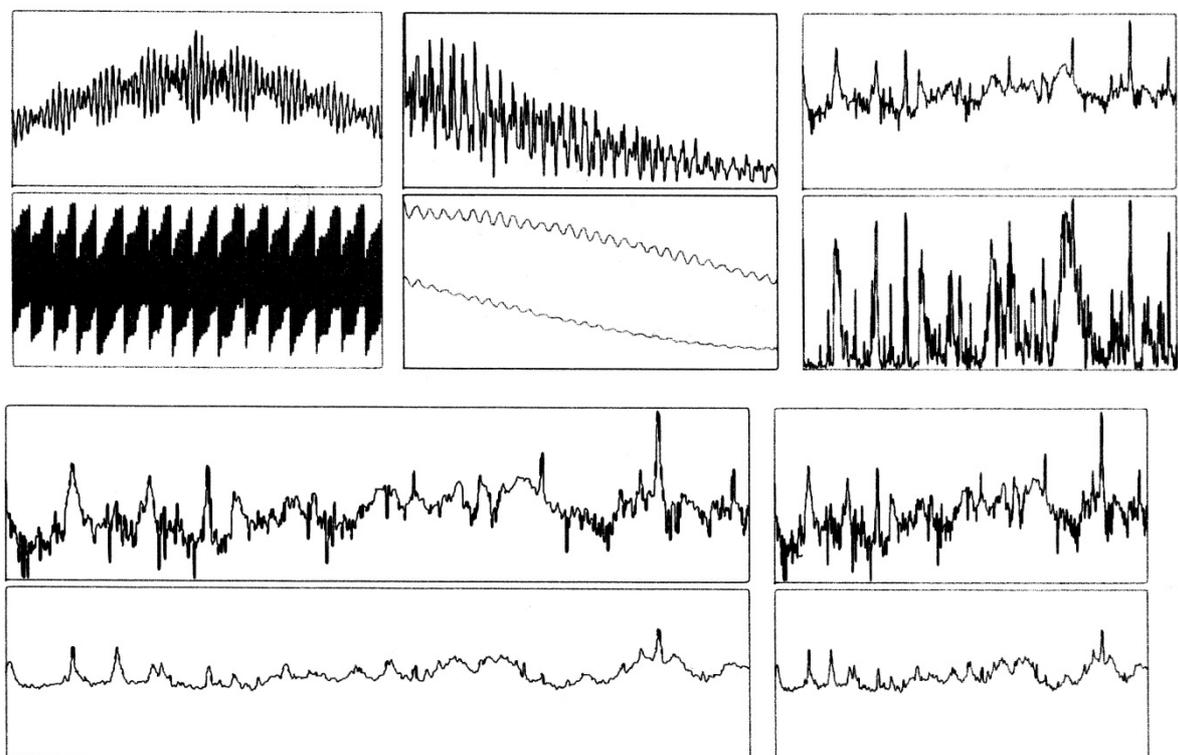


Figure A- 6 : E270486-t2

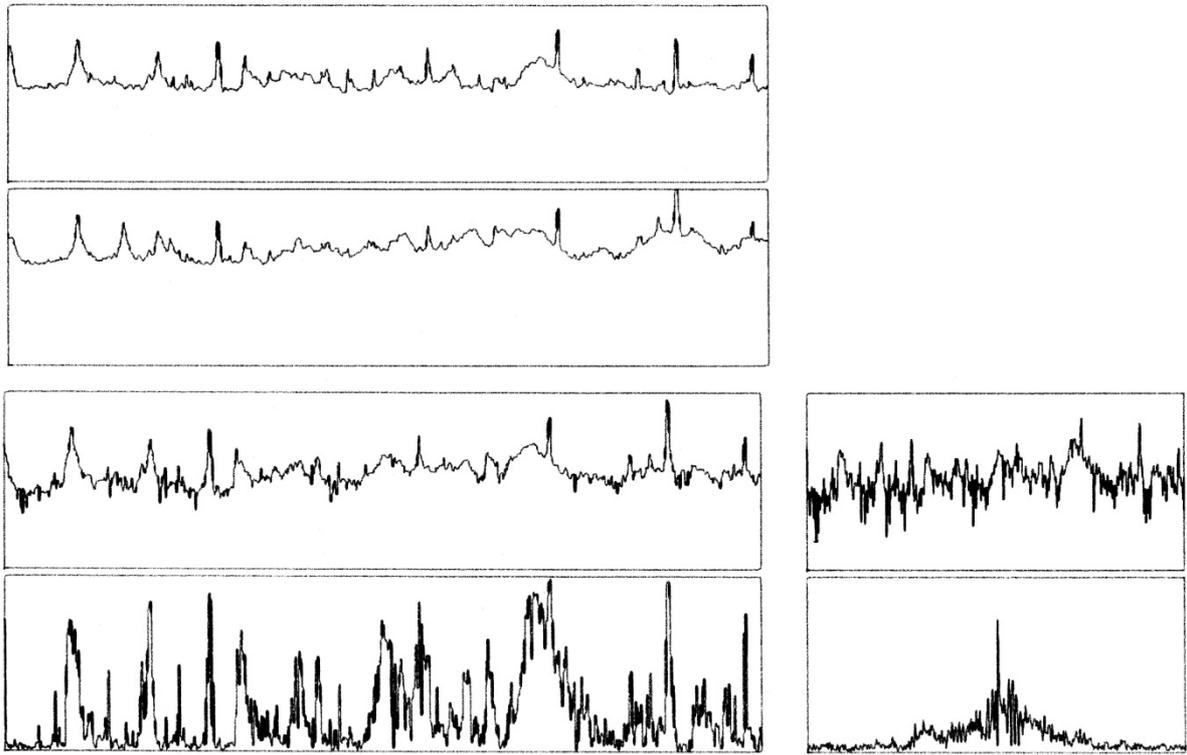


Figure A- 7 : E270486-t3

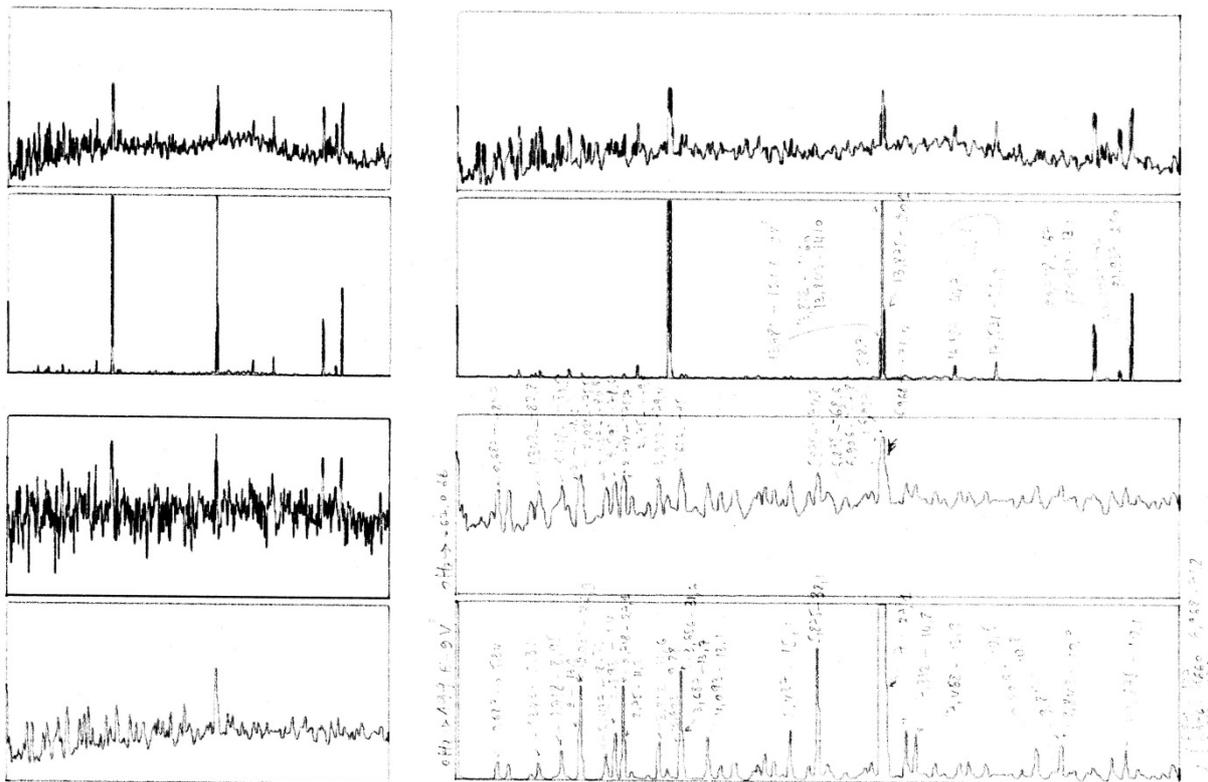


Figure A- 8 : E280486-1430-t1

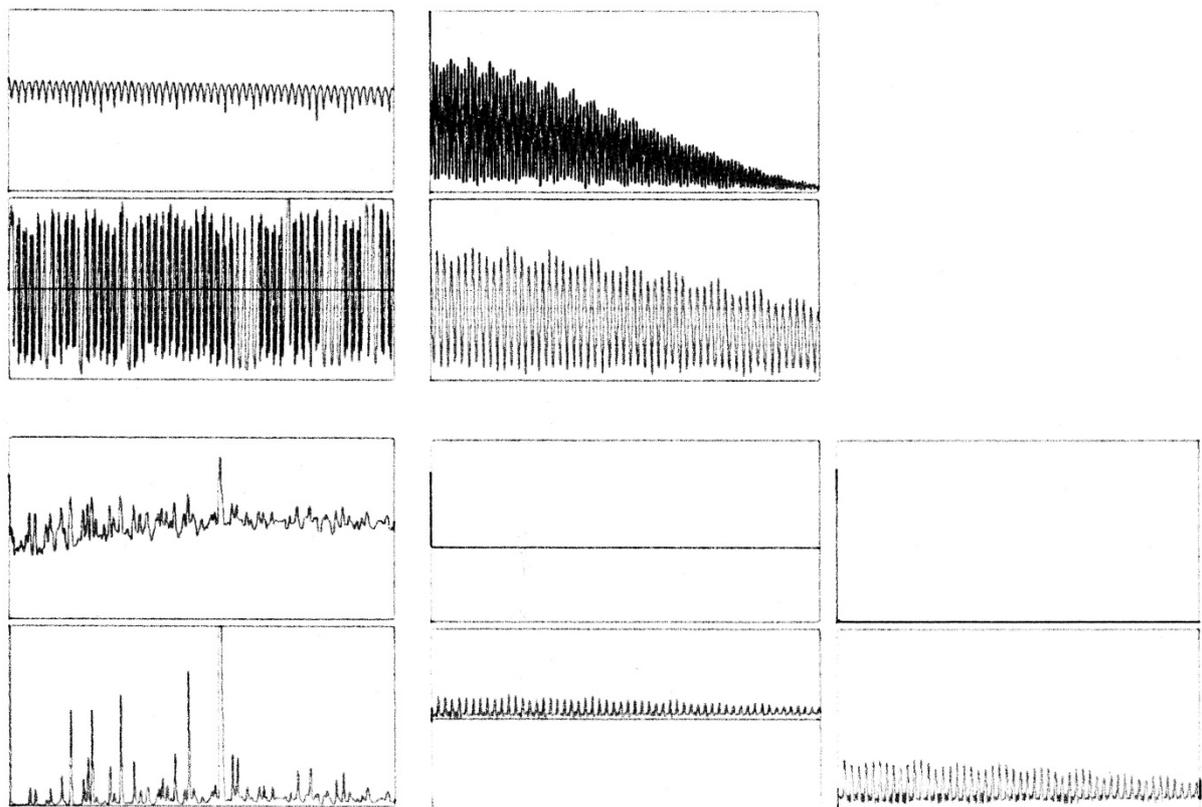


Figure A- 9 : E280486-1430-t2

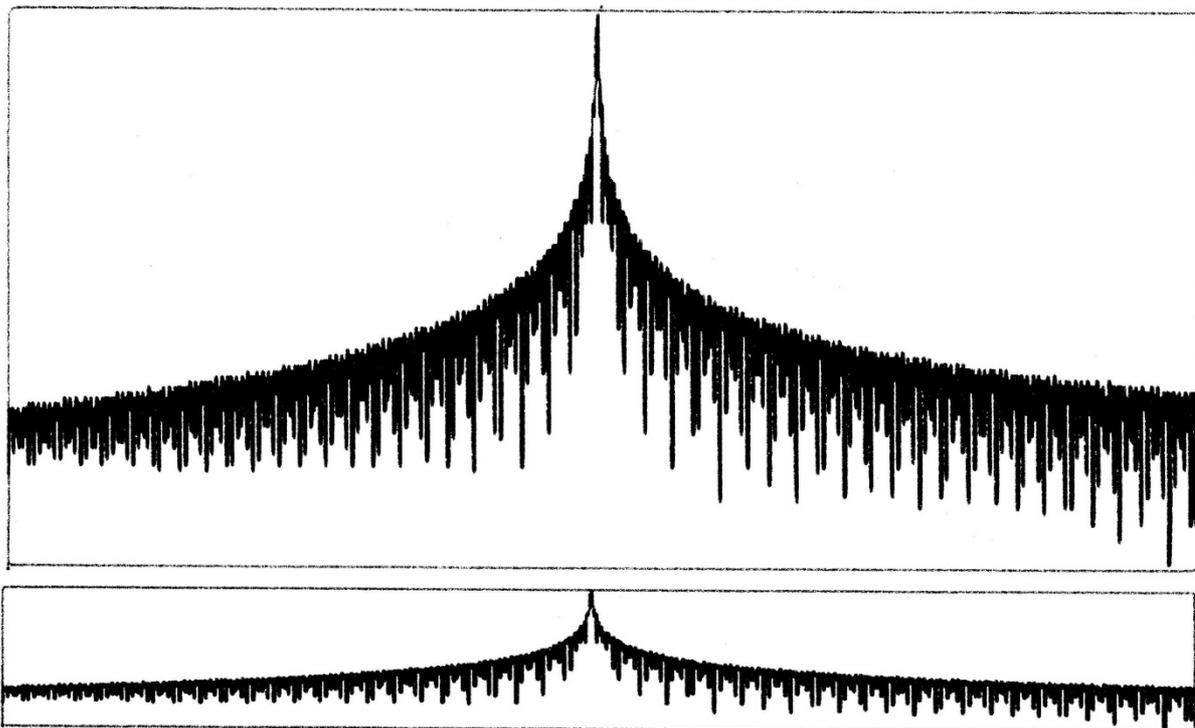


Figure A-10 : E280486-1430-t3

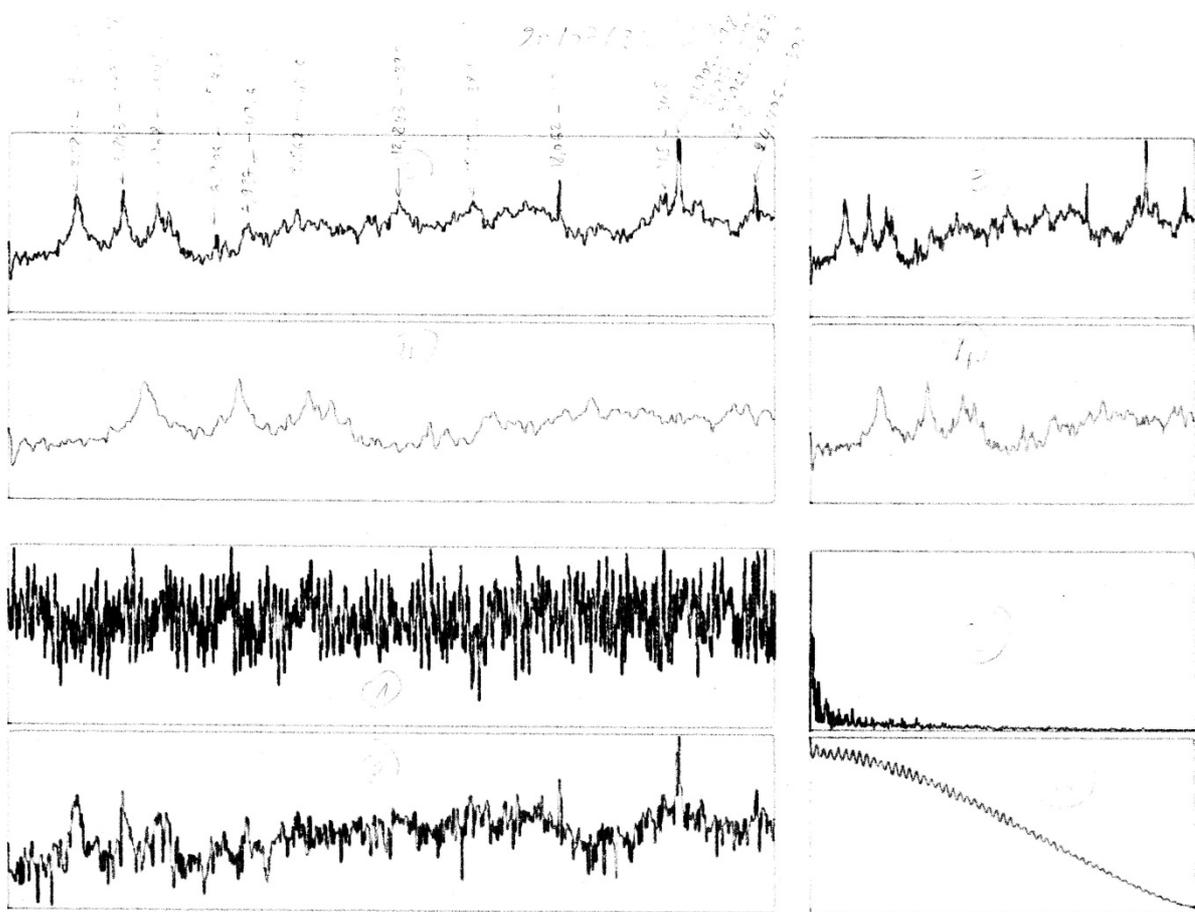


Figure A-11 : E280486-1430-t4

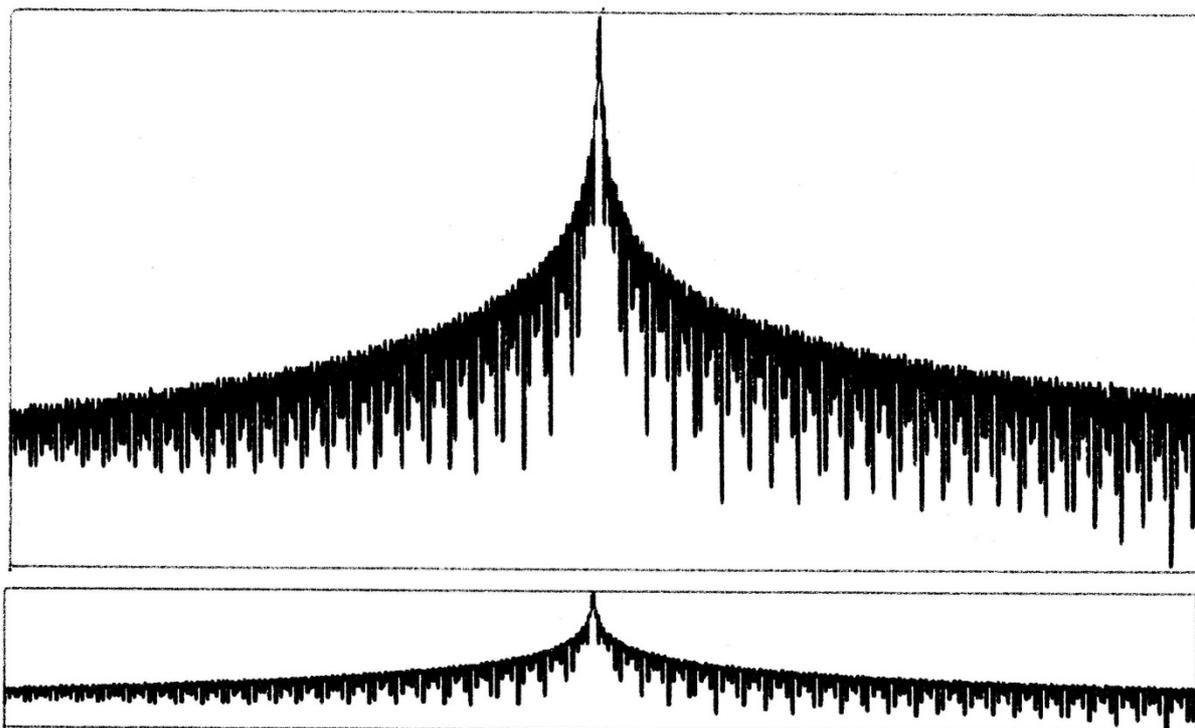


Figure A-10 : E280486-1430-t3

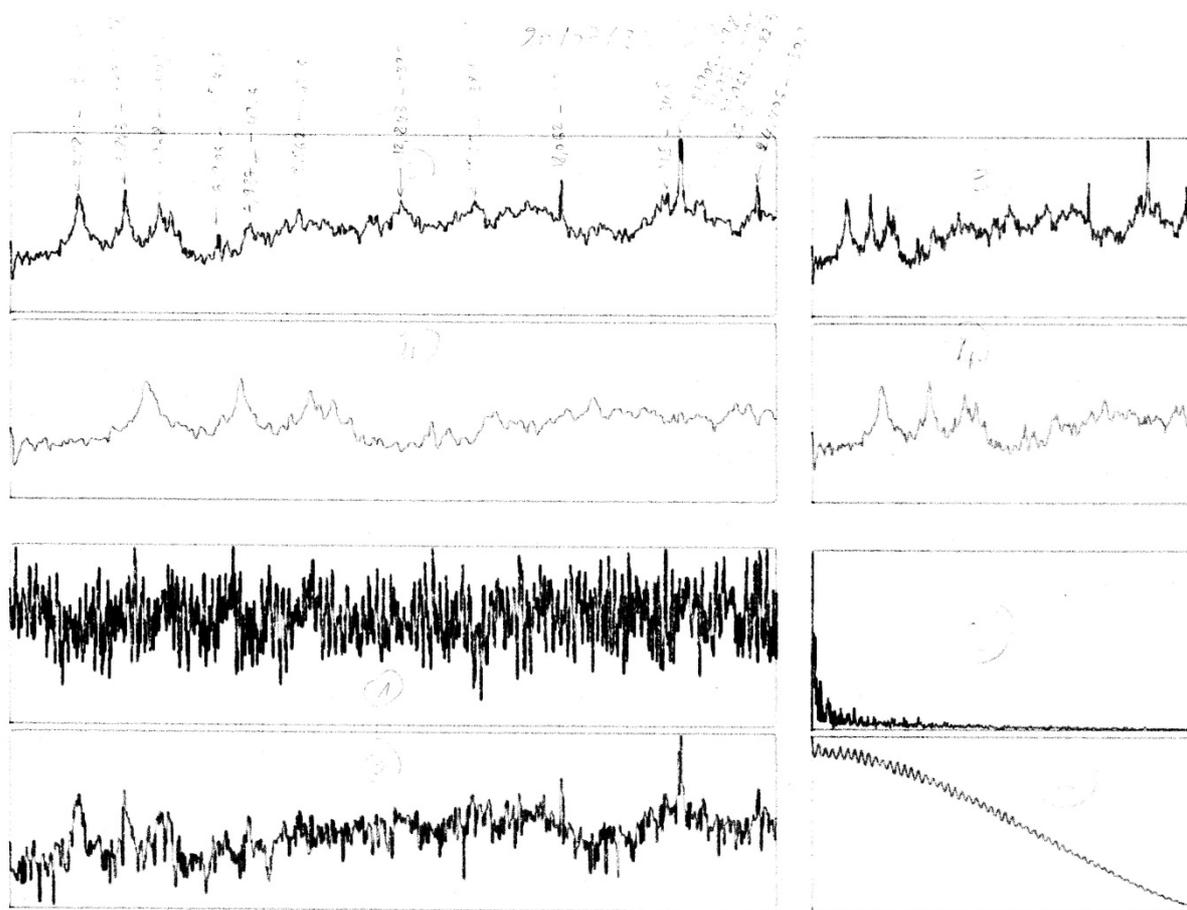


Figure A-11 : E280486-1430-t4

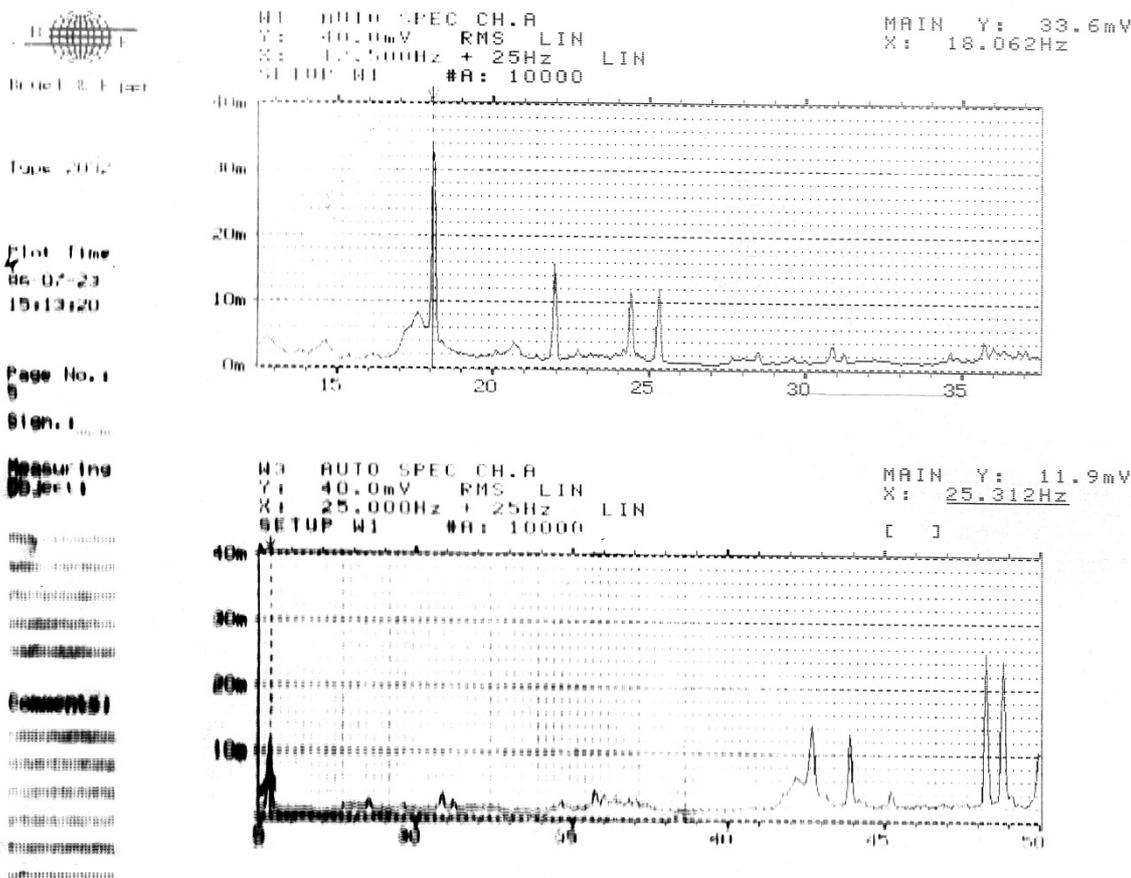


Figure A-12 : E280486-1507-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B en RMS avec échelle linéaire.

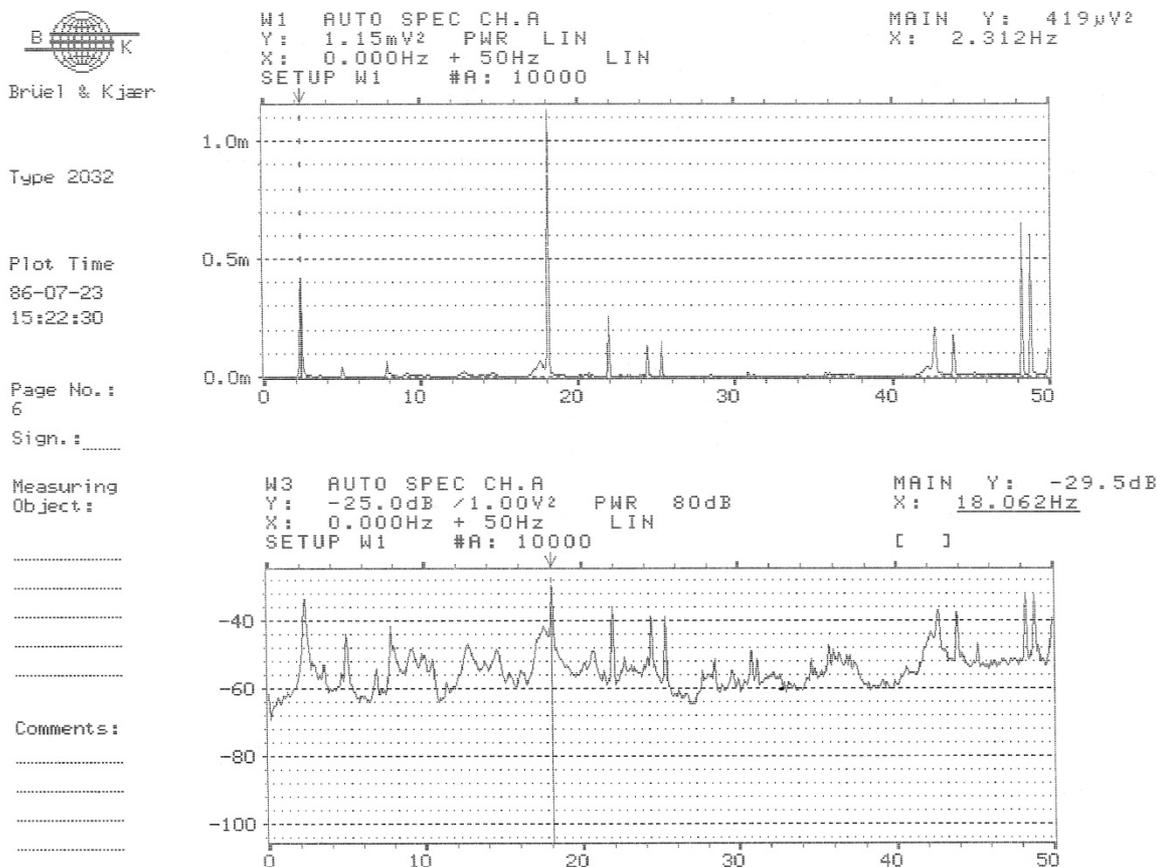


Figure A-13 : E280486-1507-2. Spectre de puissance fréquentielle à l'entrée A en échelles linéaire et logarithmique.

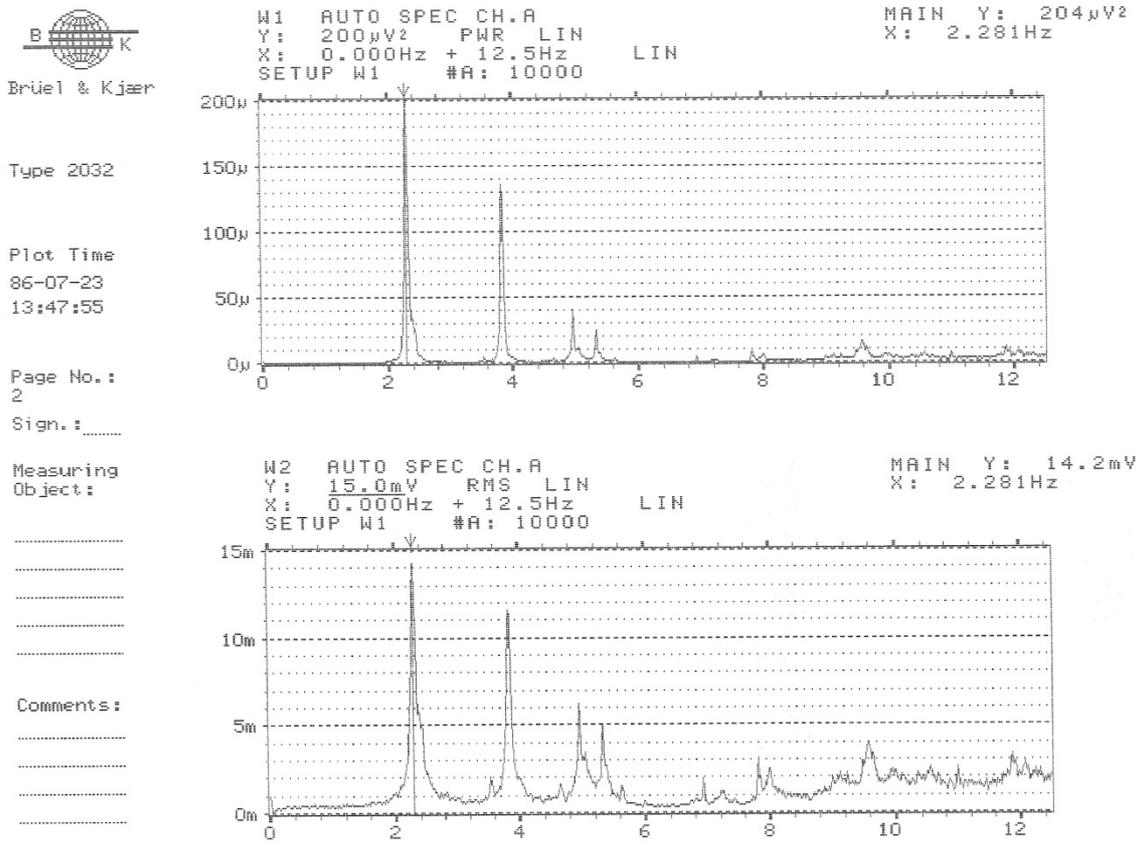


Figure A-14 : E280486-1507-3. Spectre fréquentiel en puissance et en RMS à l'entrée A en échelle linéaire.

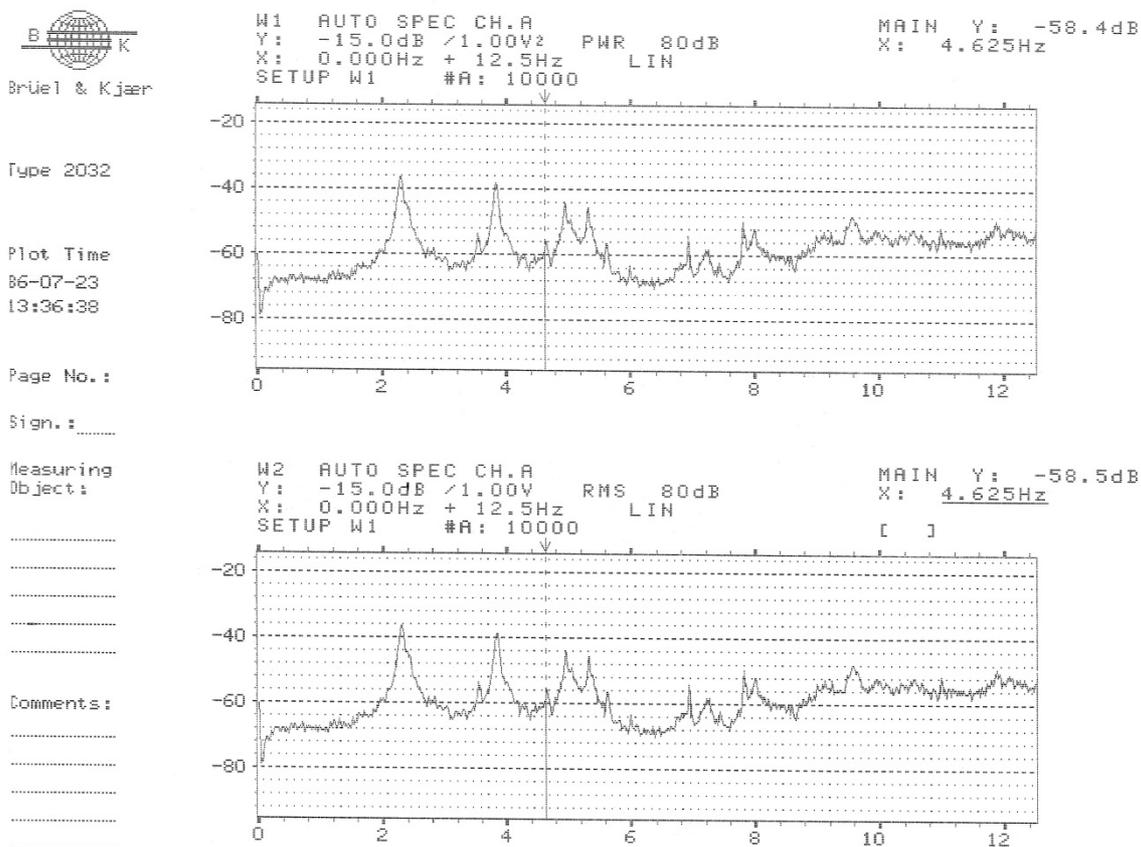
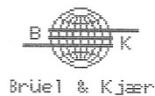


Figure A-15 : E280486-1507-4. Spectre fréquentiel en puissance et en RMS à l'entrée A en échelle logarithmique



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-07-23
14:51:42

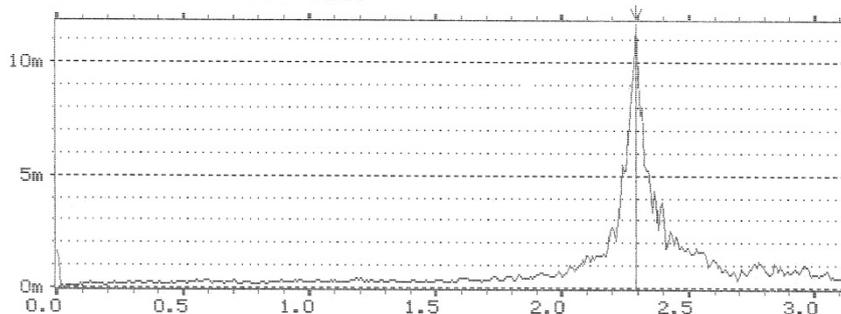
Page No.:
4

Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 11.8mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 3.13Hz LIN
SETUP W1 #A: 9559
MAIN Y: 11.7mV
X: 2.289Hz



W2 AUTO SPEC CH.A
Y: 11.8mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W1 #A: 9559
MAIN Y: 3.34mV
X: 4.953Hz

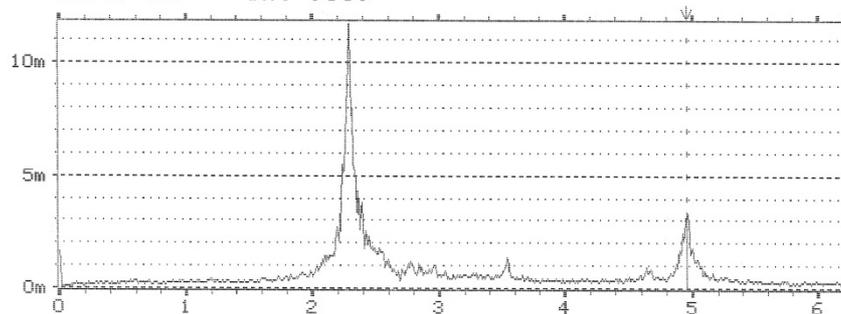
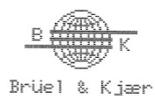


Figure A-16 : E280486-1507-5. Spectre fréquentiel RMS à l'entrée A en échelle linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-07-23
14:45:15

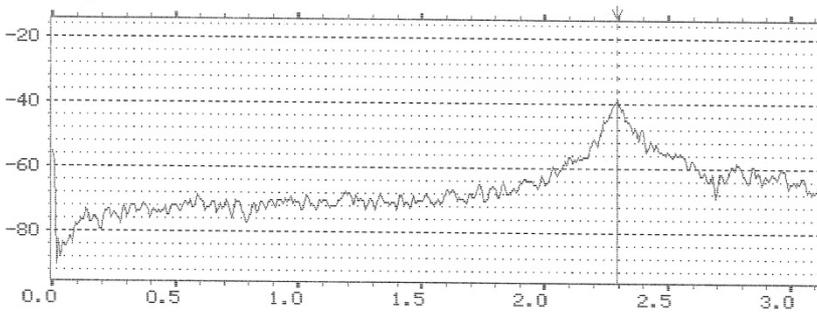
Page No.:
3

Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -15.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 3.13Hz LIN
SETUP W1 #A: 9559
MAIN Y: -38.6dB
X: 2.289Hz



W2 AUTO SPEC CH.A
Y: -15.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W1 #A: 9559
MAIN Y: -57.5dB
X: 3.539Hz

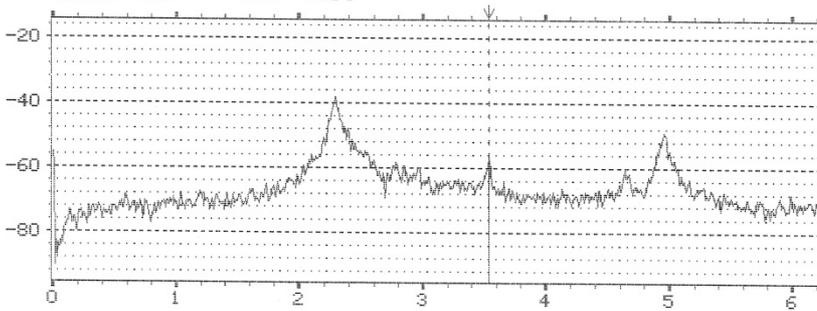


Figure A-17 : E280486-1507-6. Spectre de puissance fréquentielle à l'entrée A en échelle logarithmique.

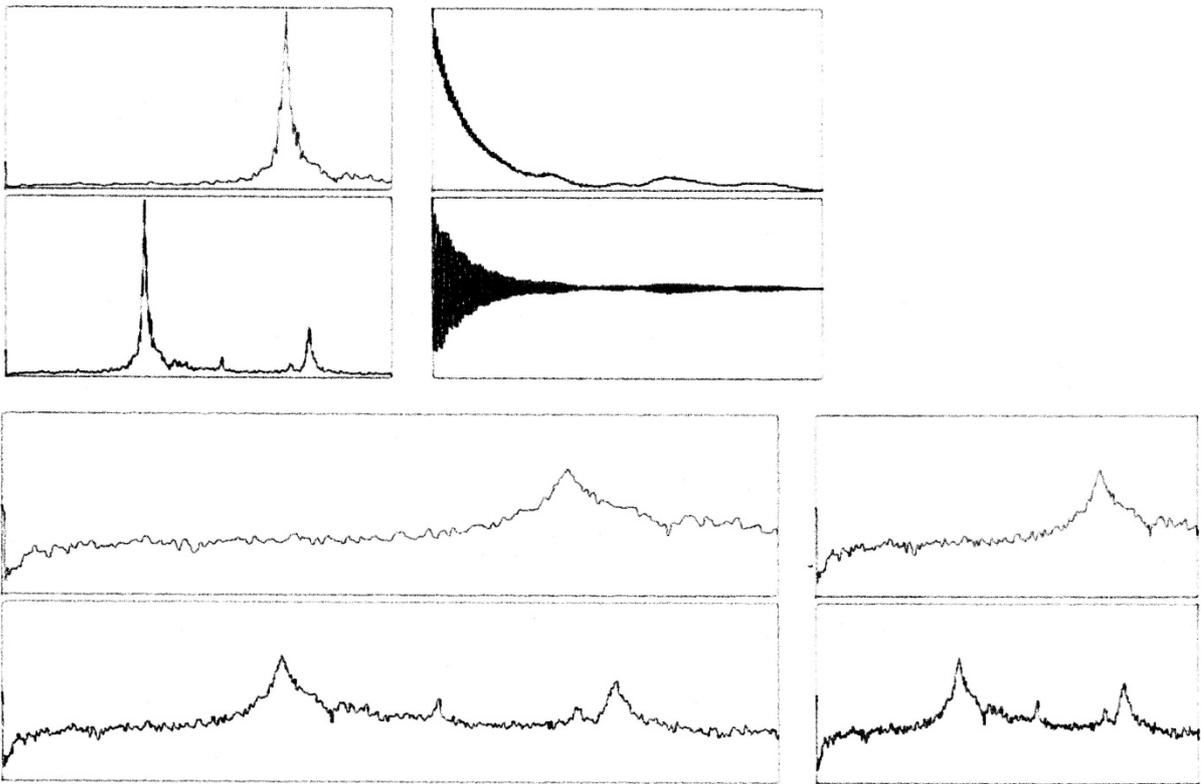


Figure A-18 : E280486-1507-t1

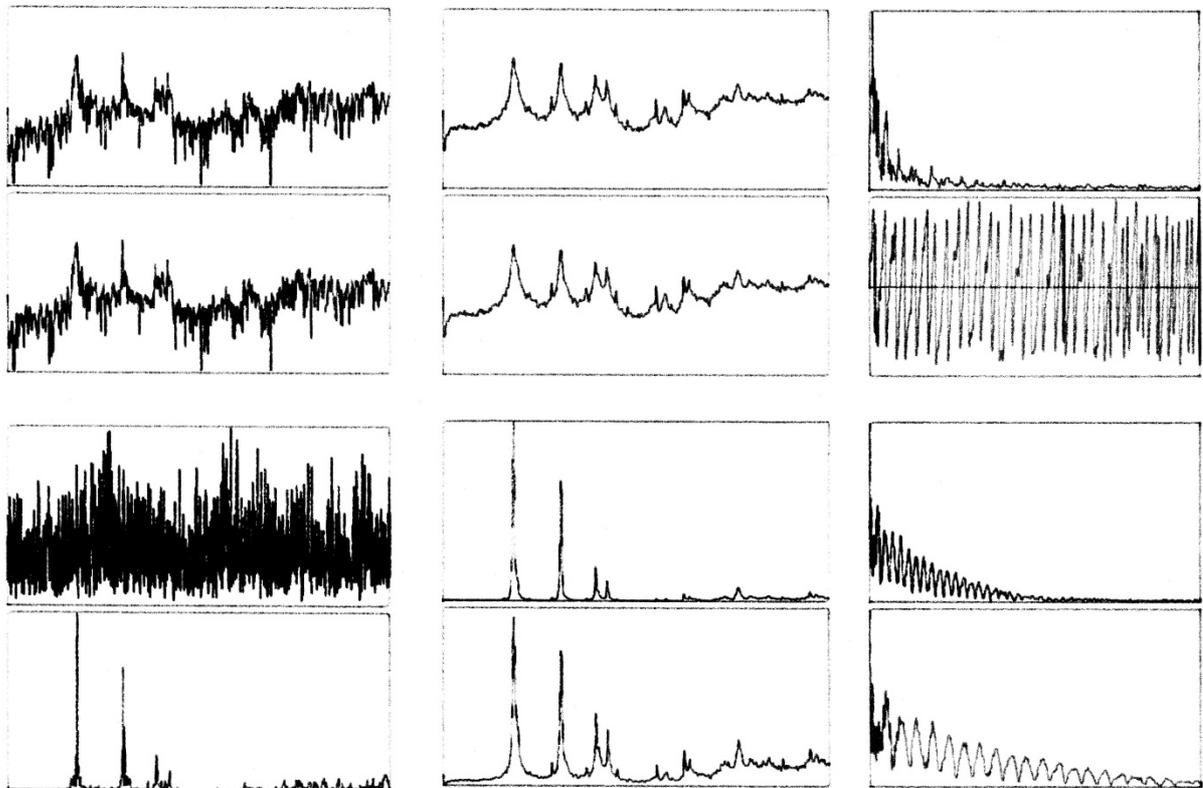


Figure A-19 : E280486-1507-t2

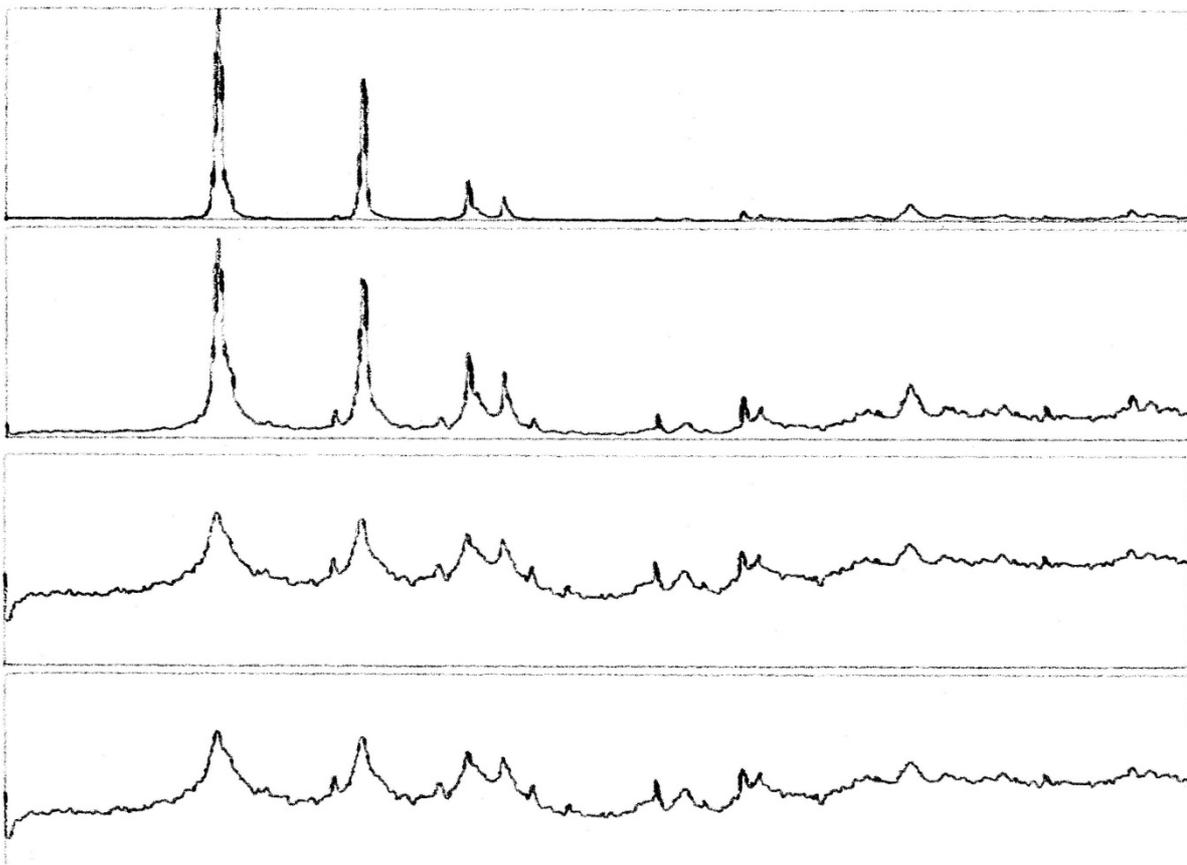


Figure A-20 : E280486-1507-t3

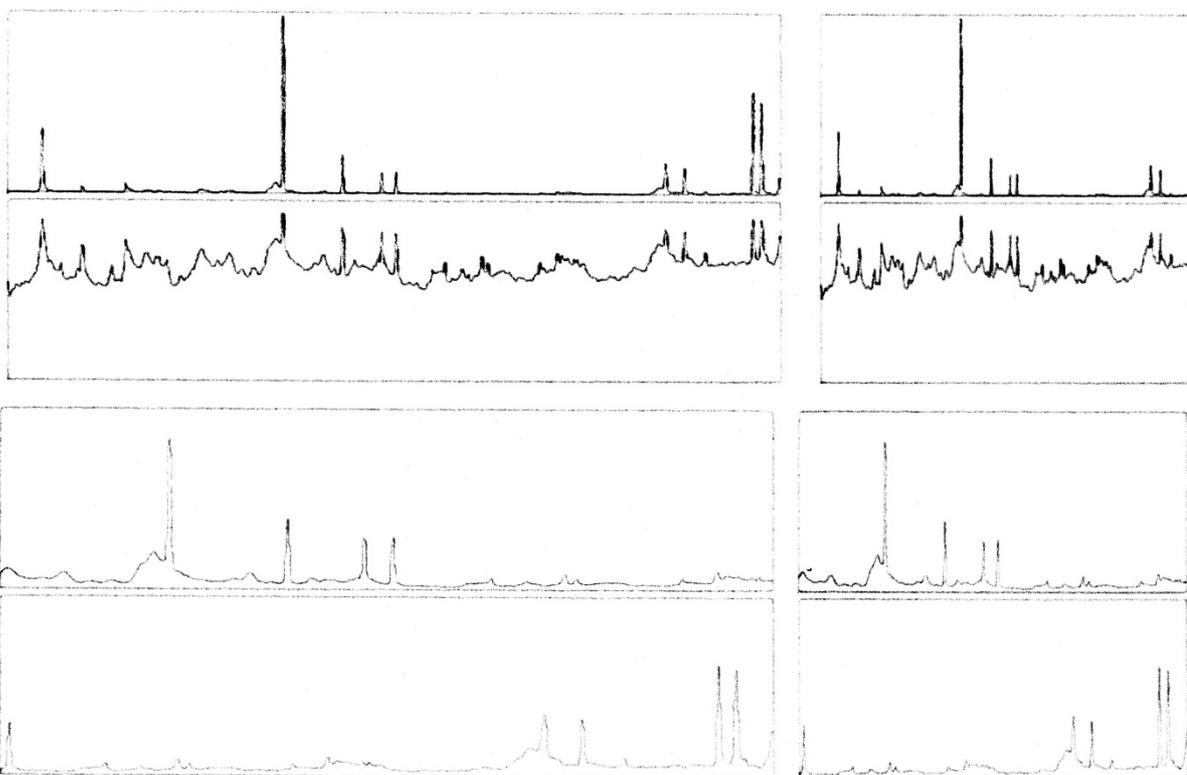
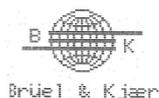


Figure A-21 : E280486-1507-t4



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-07-26
15:58:09

Page No. :
8

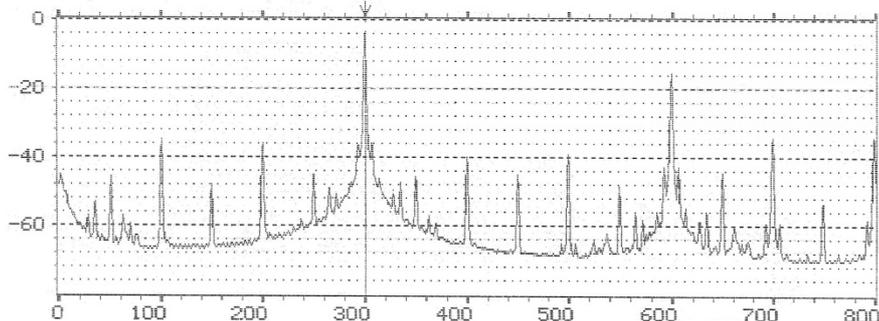
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 AUTO SPEC CH.A
Y: 0.1dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0Hz + 800Hz LIN
SETUP W1 #A: 2000

MAIN Y: -4.7dB
X: 300Hz



W2 AUTO SPEC CH.A
Y: 50.0mV RMS LIN
X: 0Hz + 800Hz LIN
SETUP W1 #A: 2000

MAIN Y: 69.6mV
X: 600Hz

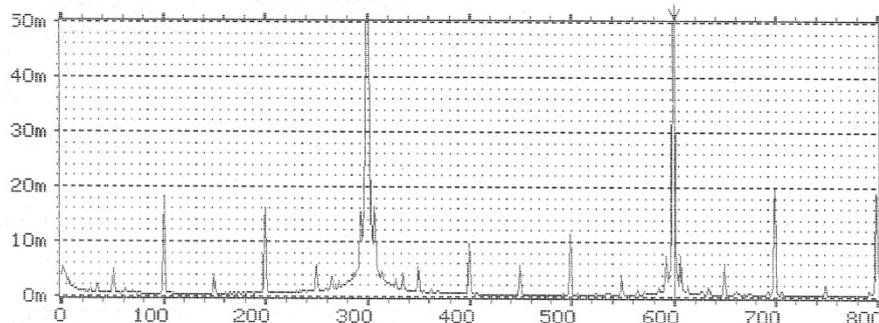


Figure A-22 : E280486 -1522-1. Spectre fréquentiel de l'entrée A en puissance logarithmique et RMS linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-07-26
13:57:39

Page No. :
7

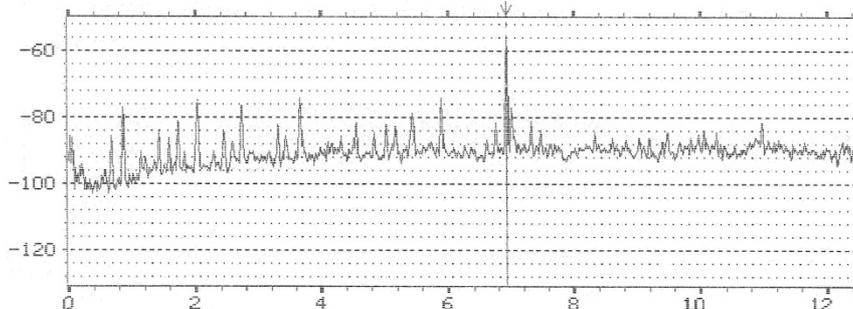
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -50.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 3799

MAIN Y: -56.2dB
X: 6.921Hz



W2 AUTO SPEC CH.A
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W1 #A: 3799

MAIN Y: -74.2dB
X: 3.656Hz

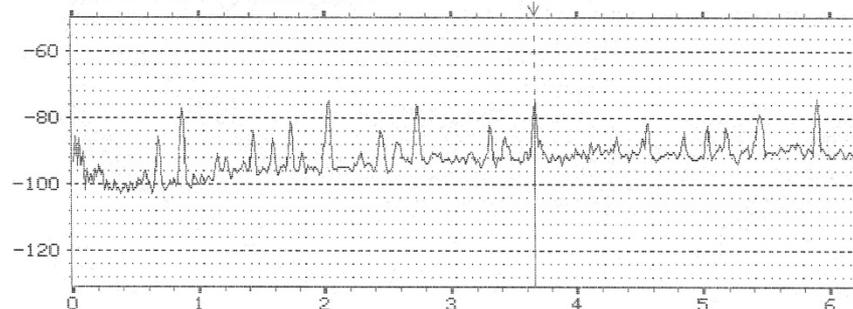


Figure A-23 : E280486 -1522-2. Spectre fréquentiel de l'entrée A en puissance et RMS en échelles logarithmiques.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-07-26
17:22:52

Page No.:
9

Sign.:

Measuring
Object:

.....

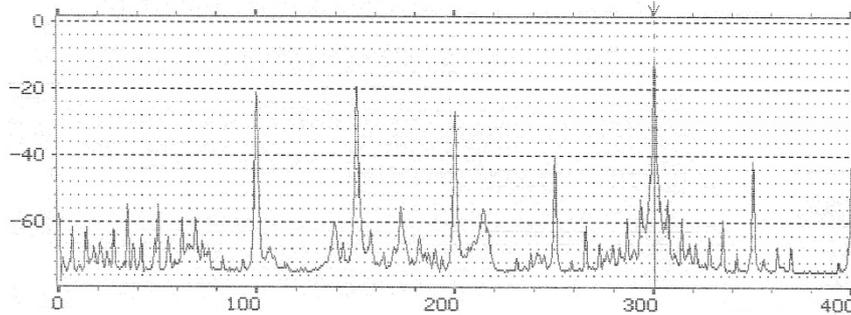
Comments:

.....

.....

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.0Hz + 400Hz LIN
SETUP W1 #A: 3000

MAIN Y: -10.3dB
X: 300.5Hz



W2 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.0Hz + 200Hz LIN
SETUP W1 #A: 3000

MAIN Y: -19.1dB
X: 150.0Hz

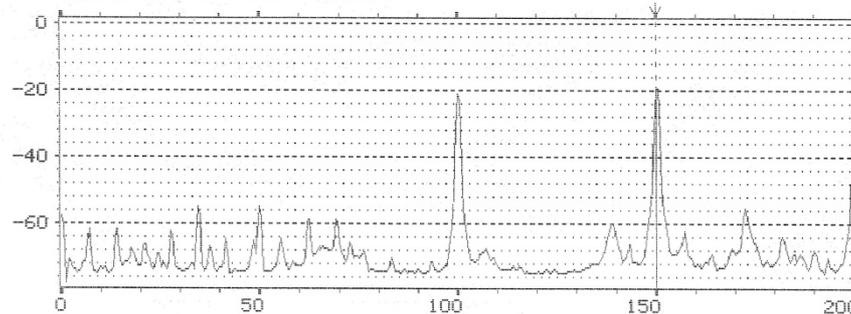


Figure A-24 : E280486 -1522-3. Spectre de puissance fréquentielle de l'entrée A en échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-07-26
17:32:14

Page No.:
10

Sign.:

Measuring
Object:

.....

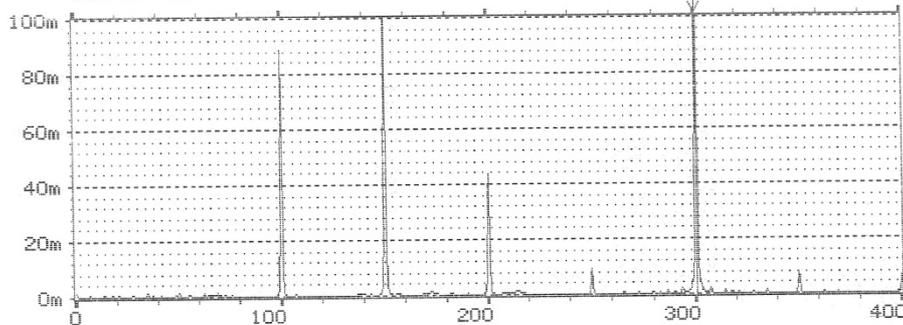
Comments:

.....

.....

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 100mV RMS LIN
X: 0.0Hz + 400Hz LIN
SETUP W1 #A: 3000

MAIN Y: 300mV
X: 300.5Hz



W2 AUTO SPEC CH.A
Y: 10.0mV RMS LIN
X: 0.0Hz + 200Hz LIN
SETUP W1 #A: 3000

MAIN Y: 111mV
X: 150.0Hz

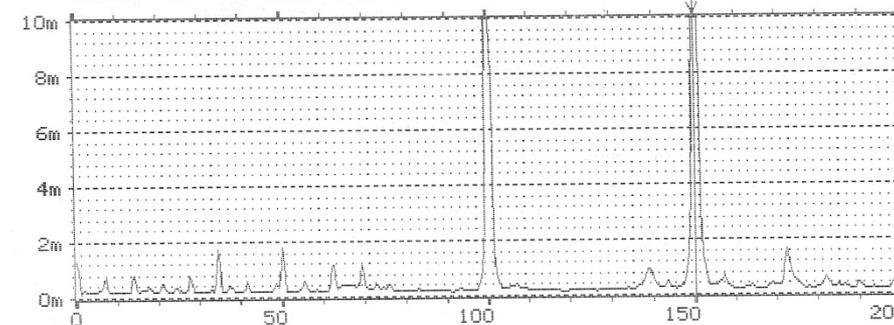
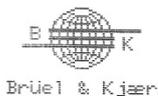


Figure A-25 : E280486 -1522-4. Spectre fréquentiel RMS de l'entrée A en échelle linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-08-30
10:52:36

Page No. :
1

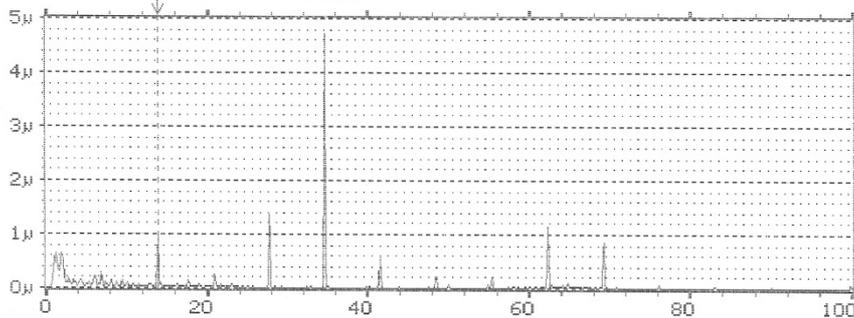
Sign. : _____

Measuring
Object : _____

Comments : _____

W3 AUTO SPEC CH.A
Y: 5.00 μ V² PWR LIN
X: 0.000Hz + 100Hz LIN
SETUP W1 #A: 1000

MAIN Y: 1.05 μ V²
X: 13.875Hz



W4 AUTO SPEC CH.B
Y: 5.00 μ V² PWR LIN
X: 0.000Hz + 100Hz LIN
SETUP W1 #A: 1000

MAIN Y: 4.83 μ V²
X: 34.625Hz

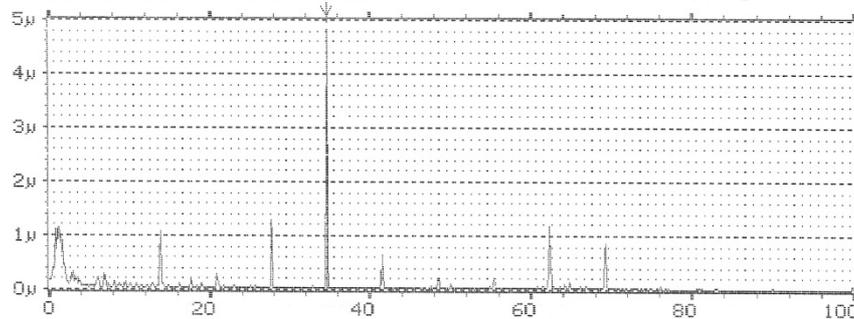


Figure A-26 : E280486 -1522-5. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle linéaire.

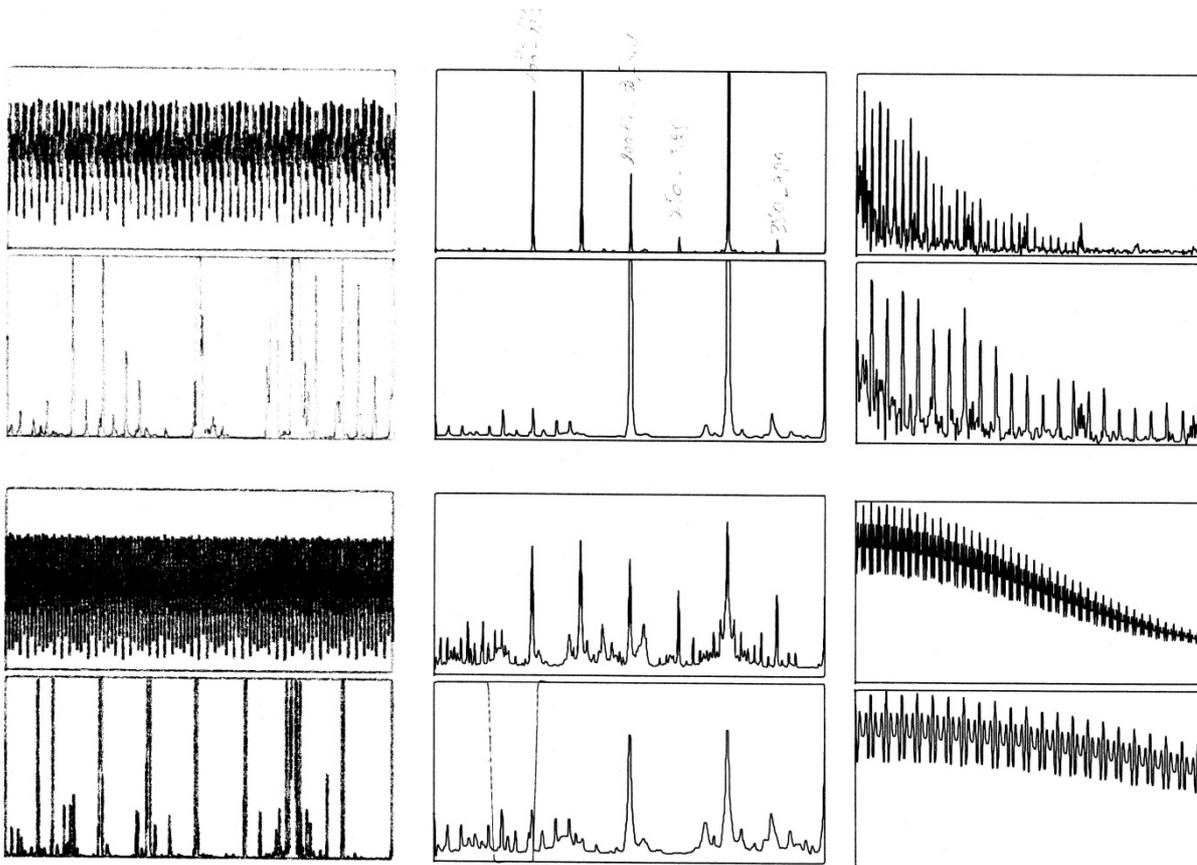


Figure A-27 : E280486 -1522-t1

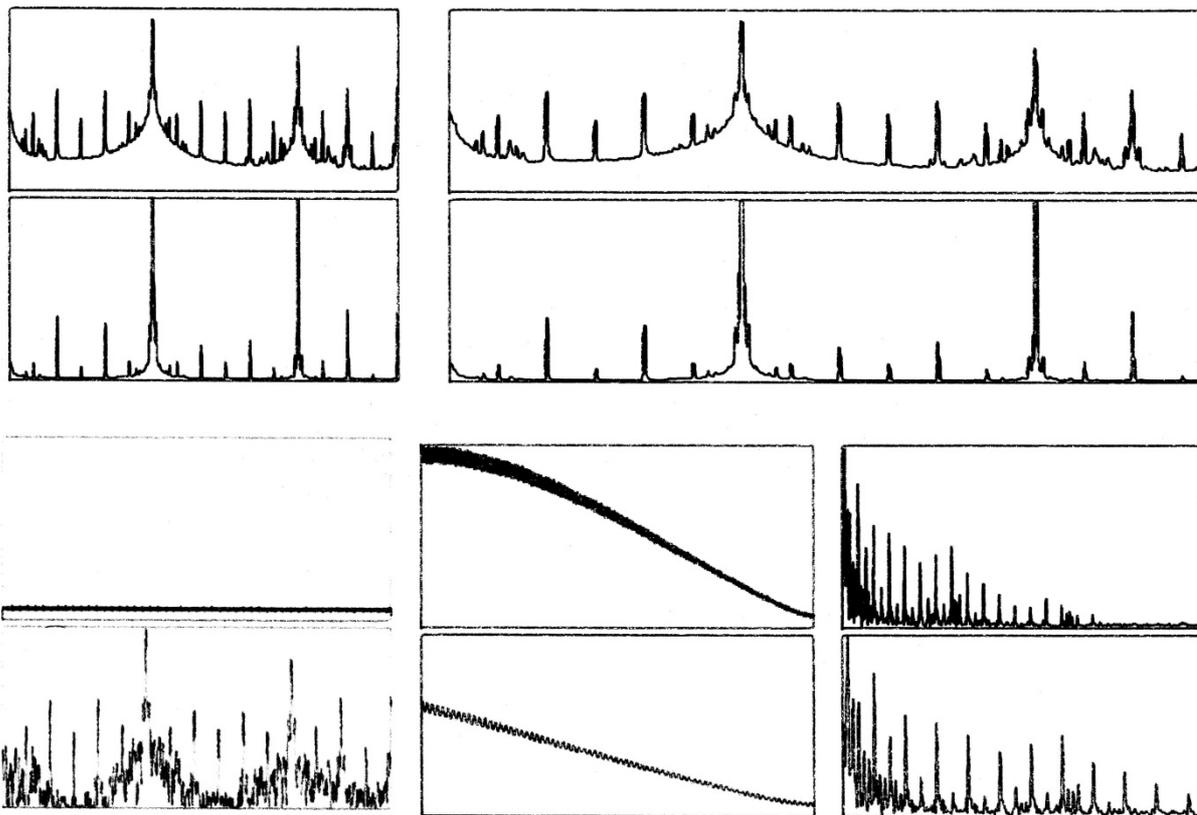


Figure A-28 : E280486 -1522-t2

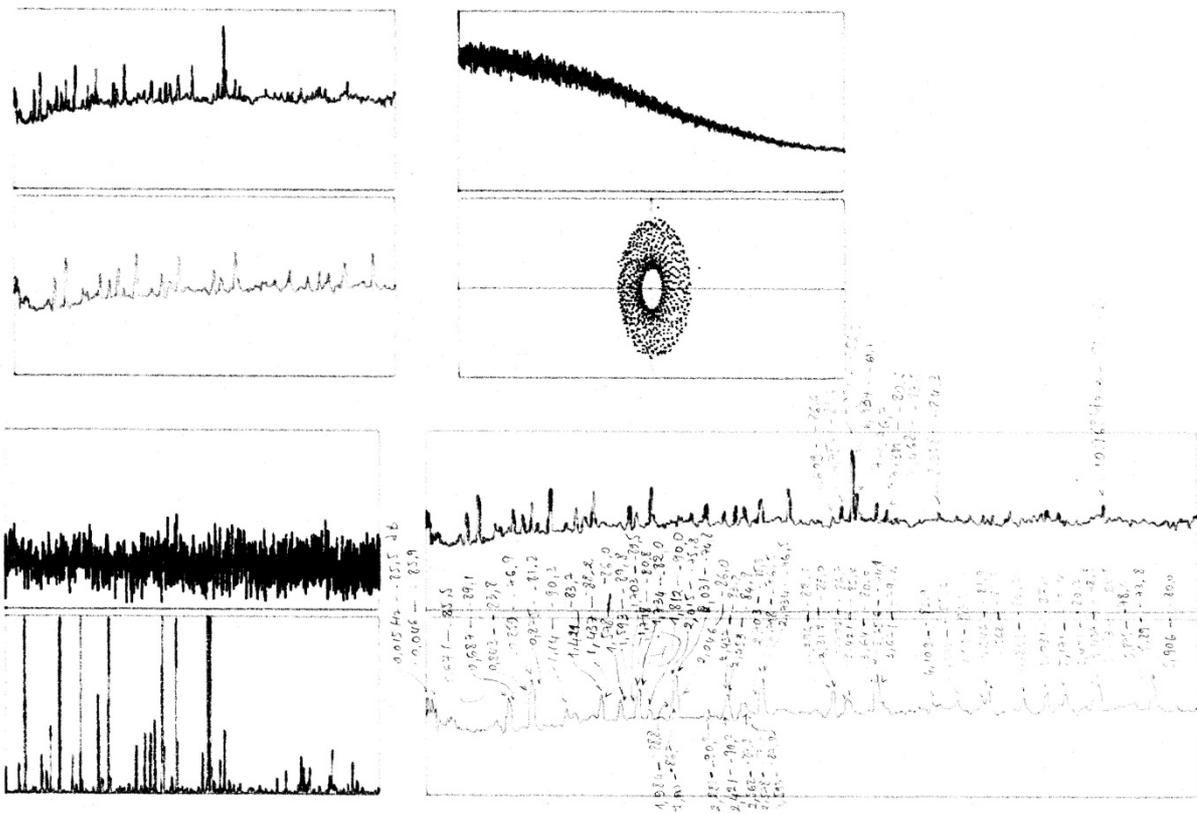


Figure A-29 : E280486 -1522-t3

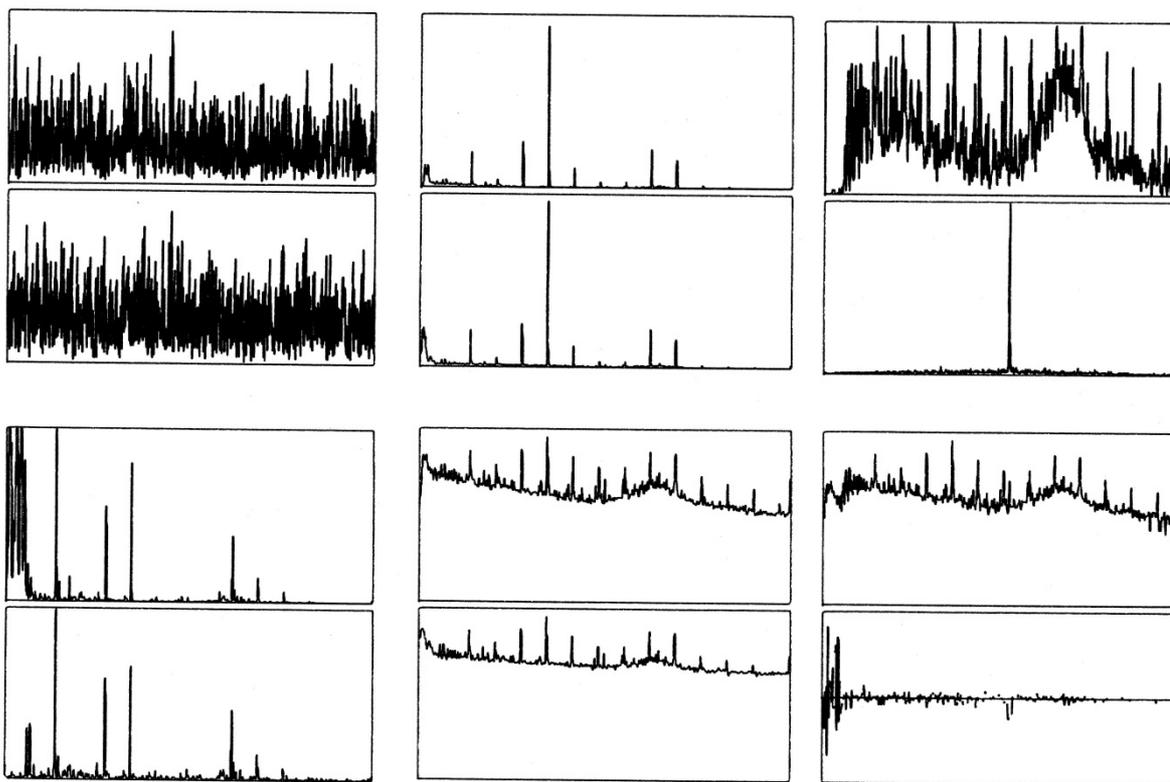


Figure A-30 : E280486 -1522-t4

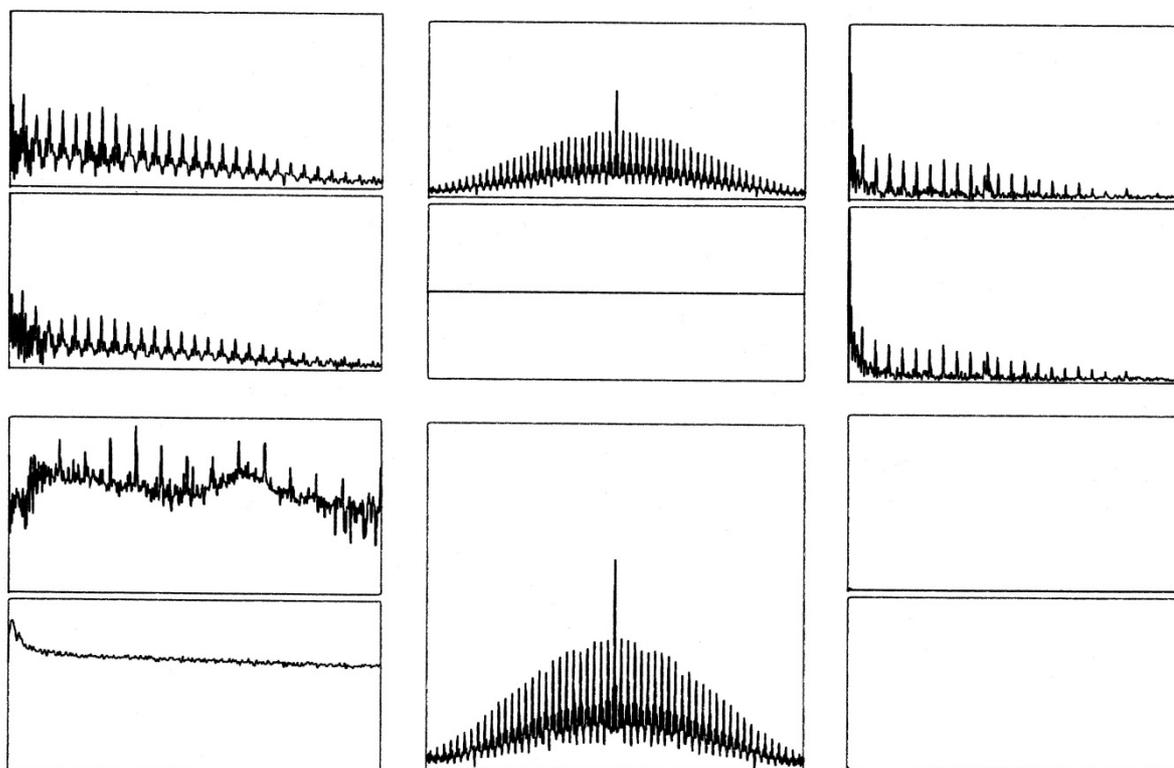


Figure A-31 : E280486 -1522-t5

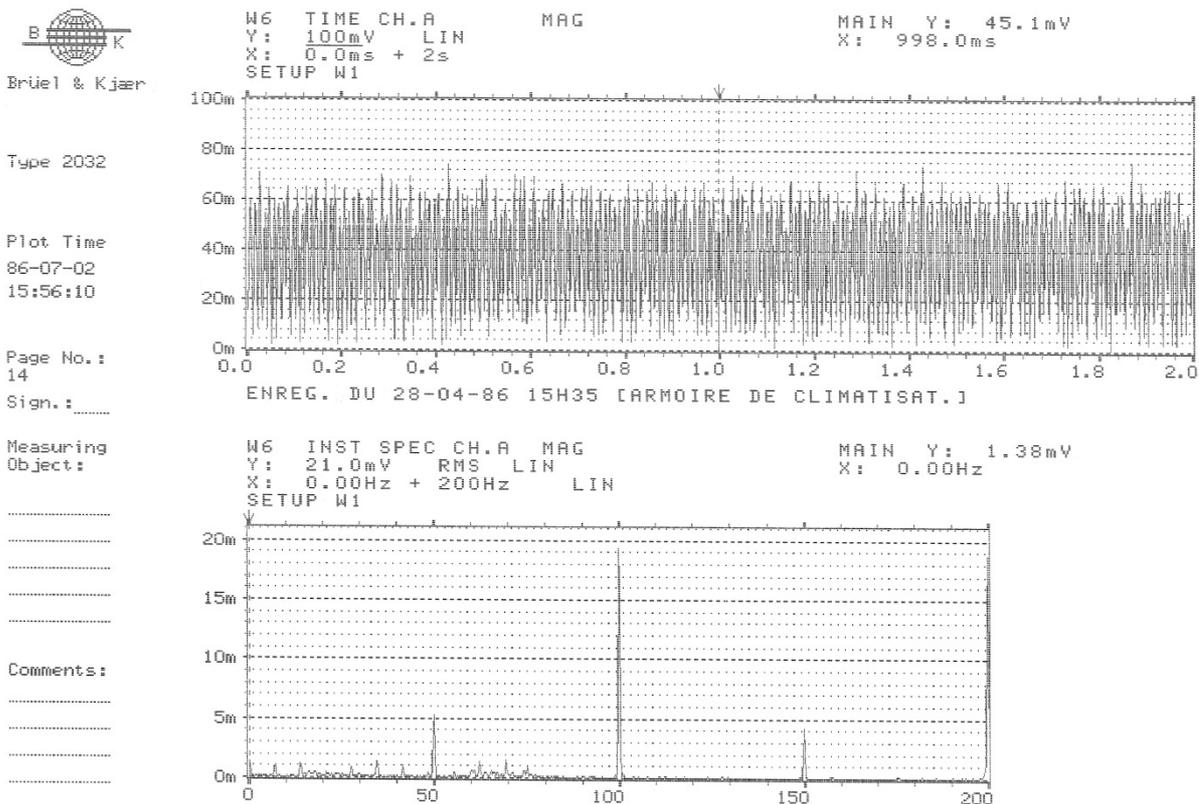


Figure A-32 : E280486-1535-1. Signal temporel et spectre instantané RMS de l'entrée A en échelle linéaire.

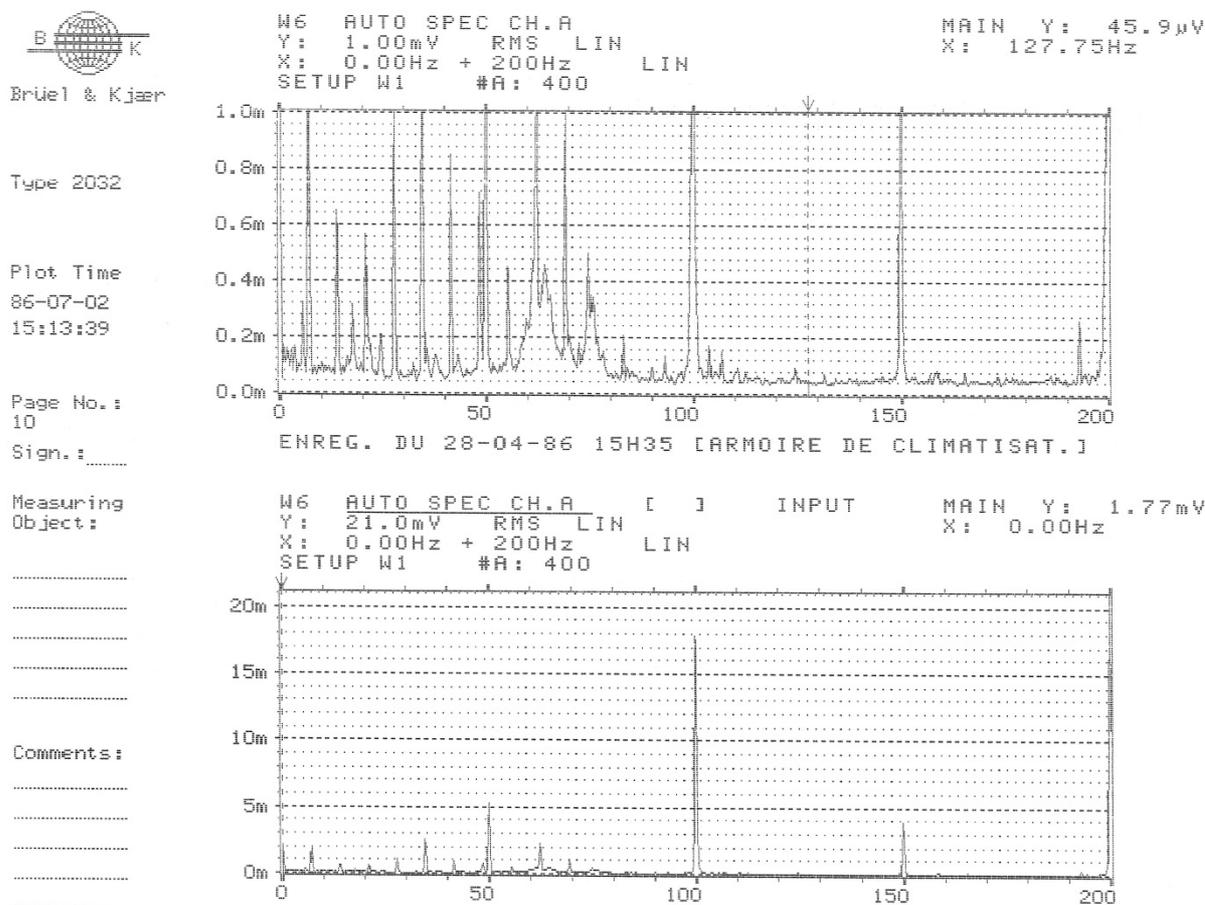
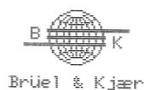


Figure A-33 : E280486-1535-2. Spectre fréquentiel de l'entrée A avec deux facteurs d'échelle différents.



Type 2032

Plot Time
86-07-02
15:24:48

Page No.:
11
Sign.: _____

Measuring
Object:

Comments:

W6 AUTO CORR CH.A MAG
Y: 1.01 LIN
X: 0.0ms + 1s
SETUP W1 #A: 400
MAIN Y: 317m
X: 998.0ms

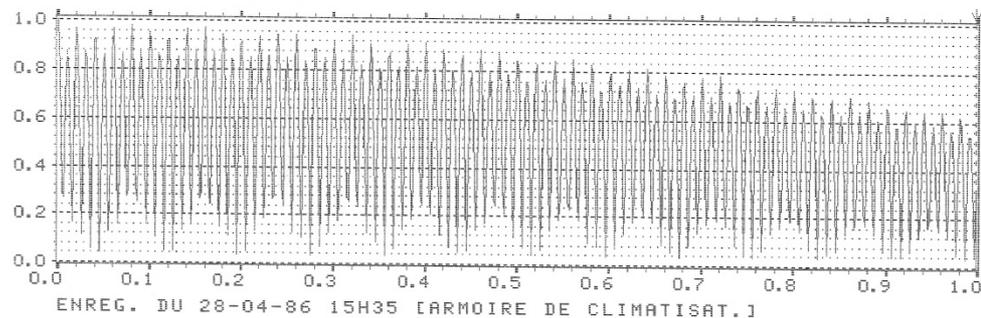


Figure A-34 : E280486-1535-3. Auto corrélation de l'entrée A.



Type 2032

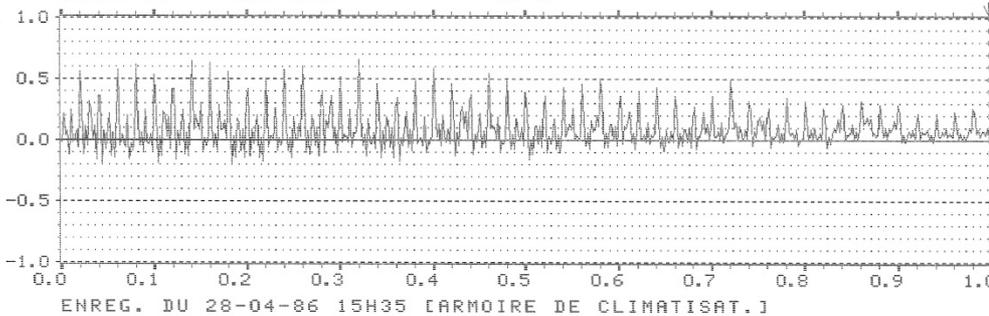
Plot Time
86-07-02
15:36:29

Page No.:
12
Sign.: _____

Measuring
Object:

Comments:

W6 CEPSTRUM CH.A REAL
Y: 1.00dB
X: 0.0ms + 1s
SETUP W1 #A: 400
SHORTPASS W: 1
MAIN Y: 0.02dB
X: 998.0ms



W6 CEPSTRUM CH.A IMAG INPUT
Y: 1.00dB
X: 0.0ms + 1s
SETUP W1 #A: 400
SHORTPASS W: 1
MAIN Y: 0.00dB
X: 0.0ms

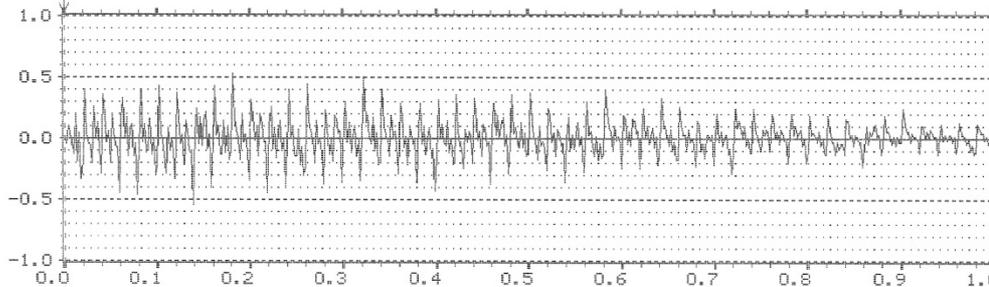
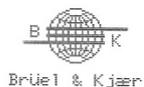


Figure A-35 : E280486-1535-4. Partie réelle et partie imaginaire du Cepstre de l'entrée A.



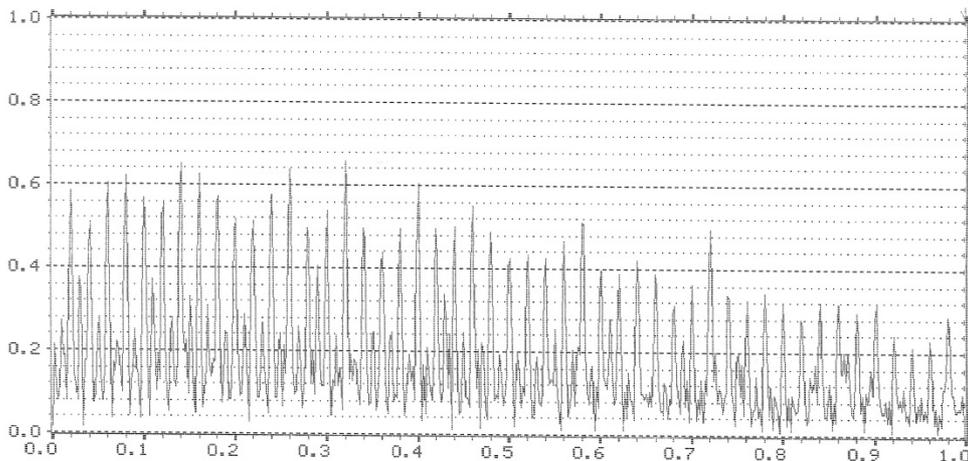
W6 CEPSTRUM CH.A MAG INPUT MAIN Y: 0.04dB
 Y: 1.00dB X: 998.0ms
 X: 0.0ms + 1s #A: 400 SHORTPASS W: 1

Type 2032

Plot Time
 86-07-02
 15:38:58

Page No.:
 13
 Sign.:

Measuring
 Object:



SETUP W1 ENREG. DU 28-04-86 15H35 [ARMOIRE DE CLIMATISAT.]

MEASUREMENT: DUAL SPECTRUM AVERAGING
 TRIGGER: FREE RUN
 DELAY: CH.A→B: 0.0ms
 AVERAGING: LIN 400 OVERLAP: MAX

Comments:

FREQ SPAN: 200Hz ΔF:250mHz T:4s ΔT:1.95ms
 CENTER FREQ: BASEBAND
 WEIGHTING: HANNING

CH.A: 6V + 3Hz DIR FILT:6.4kHz 1V/V
 CH.B: 6V + 3Hz DIR FILT:6.4kHz 1V/V
 GENERATOR: DISABLED

Figure A-36 : E280486-1535-5. Amplitude du cepstre de l'entrée A.

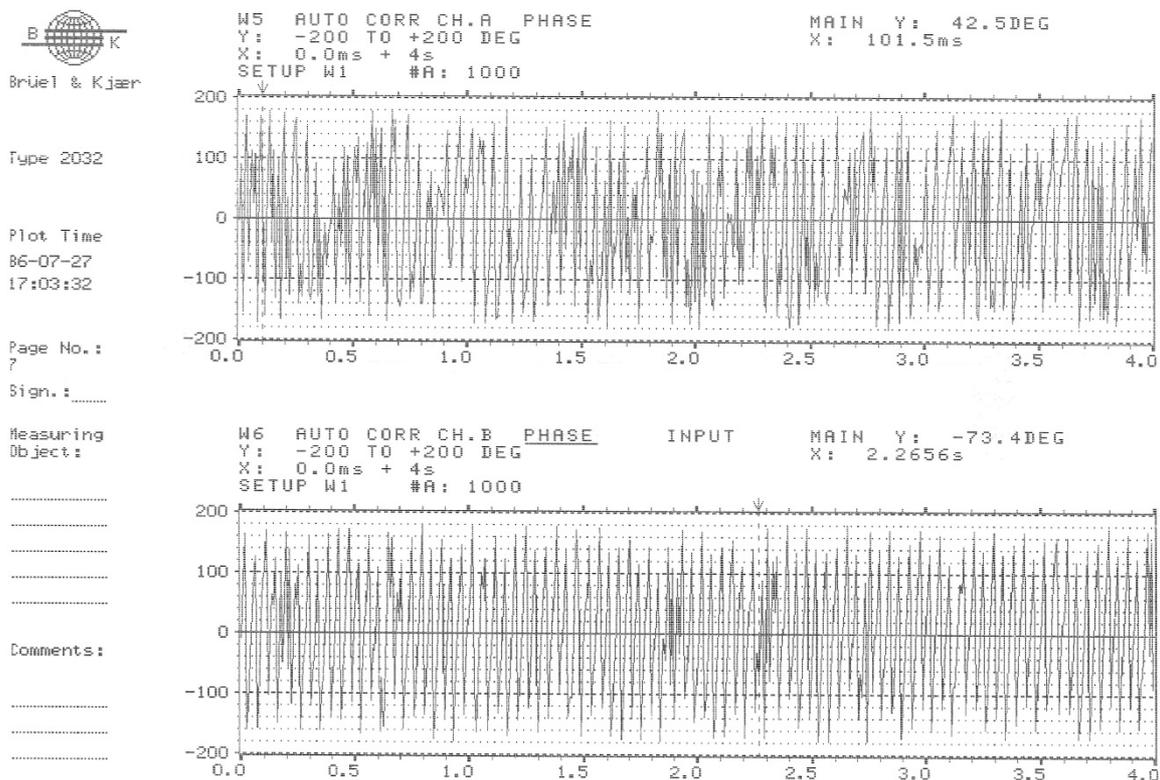


Figure A-37 : E280486-1625-1. Phase de l'autocorrélation des entrées A et B.

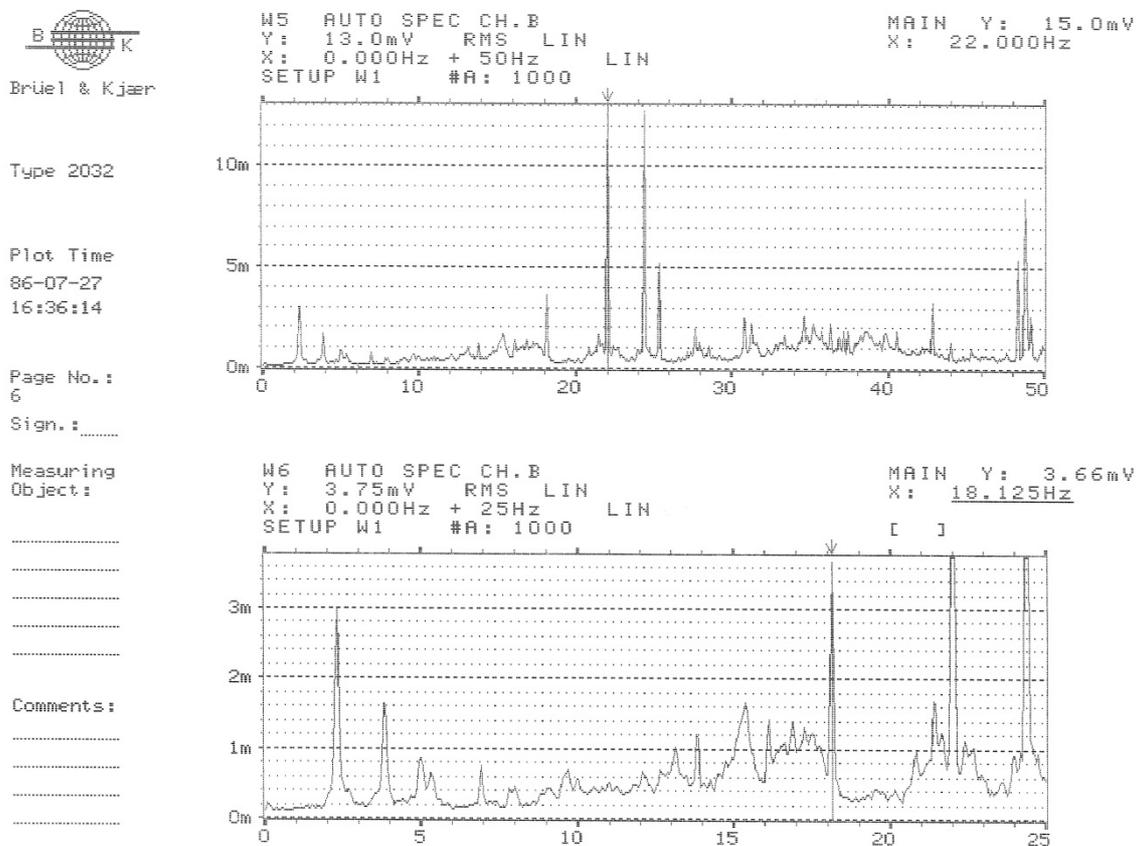


Figure A-38 : E280486-1625-2. Spectre fréquentiel de l'entrée B pour les domaines 0 à 50Hz et 0 à 25 Hz.

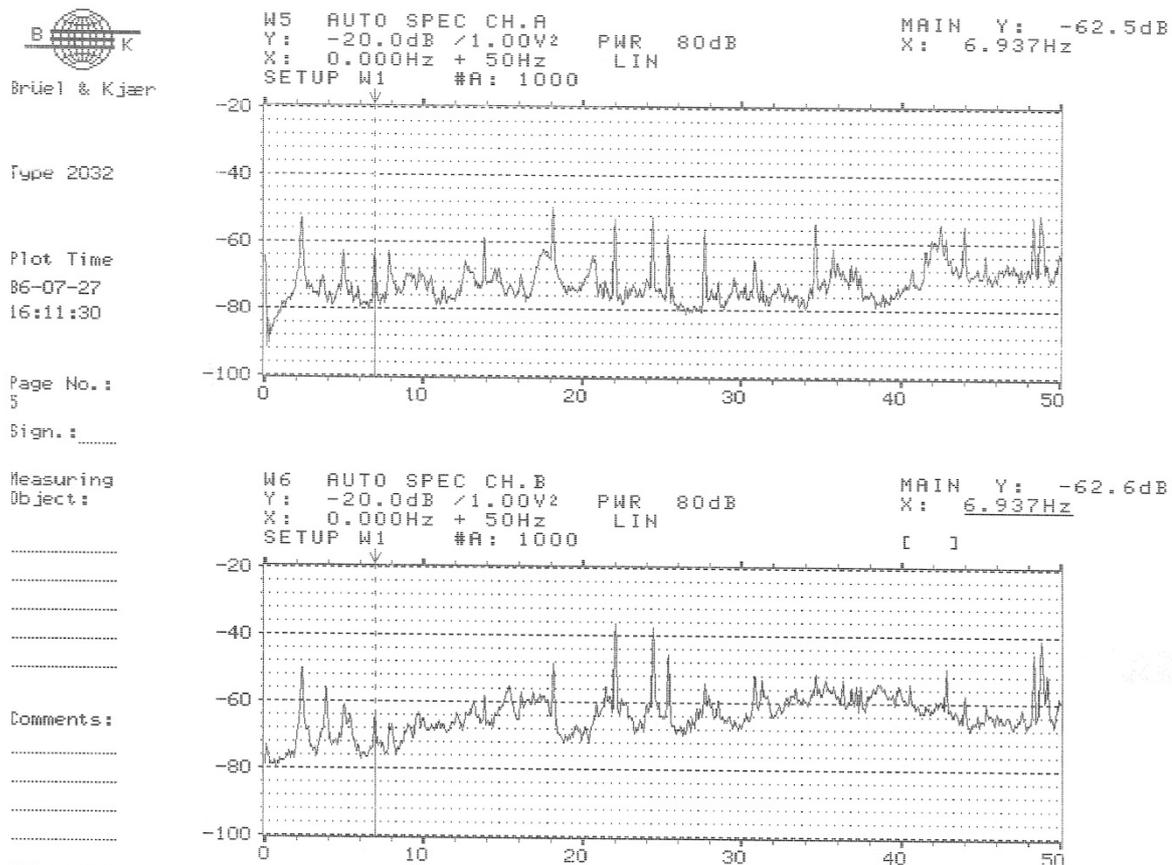


Figure A-39 : E280486-1625-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B sur le domaine 0 à 50 Hz avec échelle logarithmique.

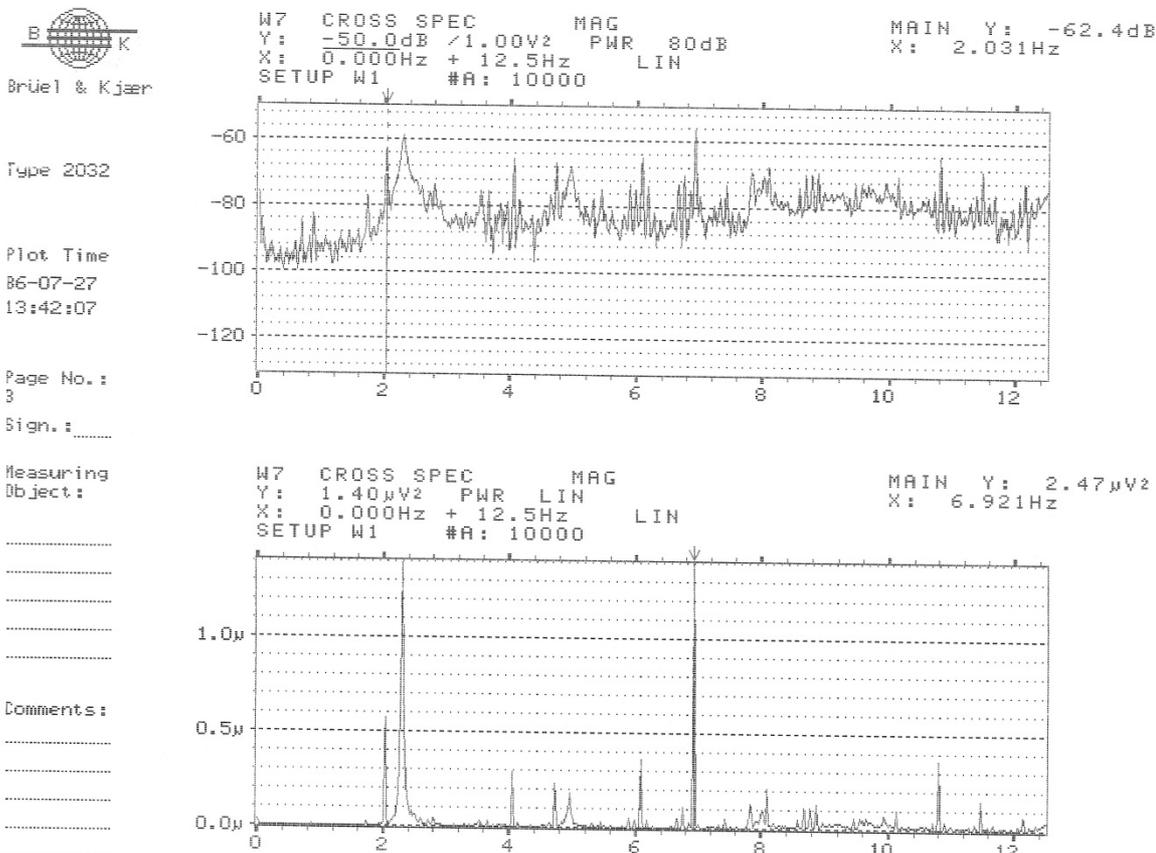


Figure A-40 : E280486-1625-4. Spectre croisé des entrées A et B en amplitudes logarithmique et linéaire.

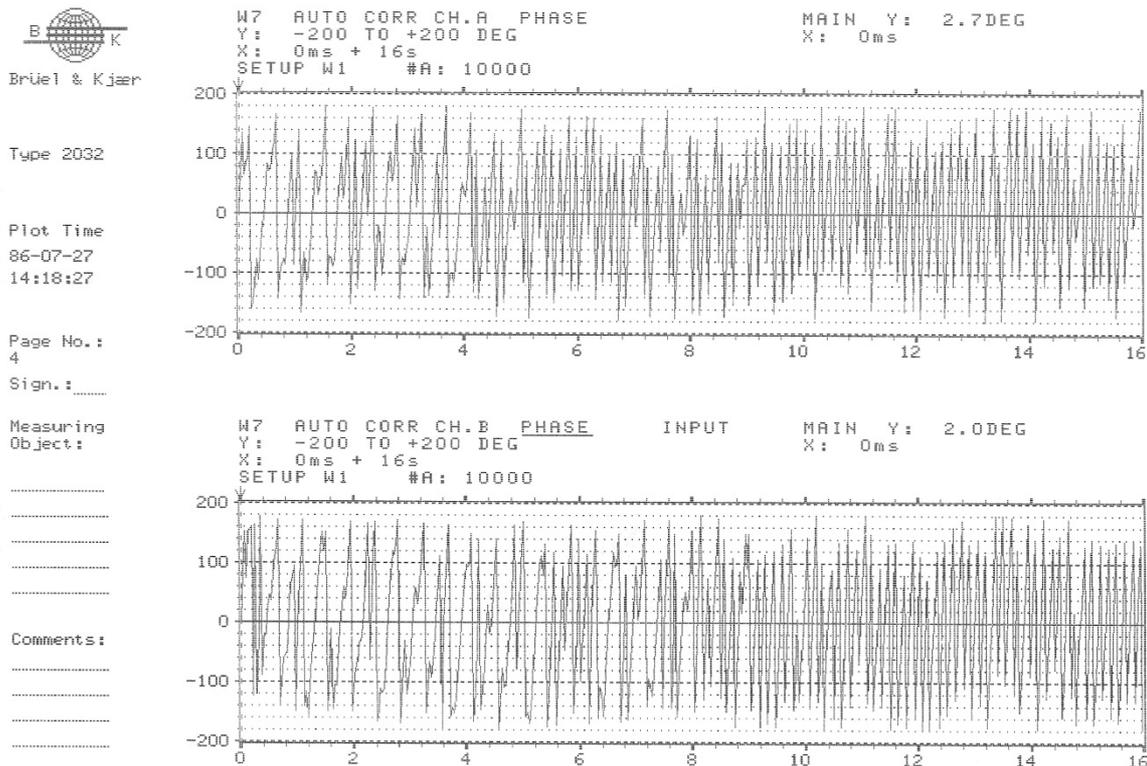


Figure A-41 : E280486-1625-5. Phases de l'autocorrélation des entrées A et B

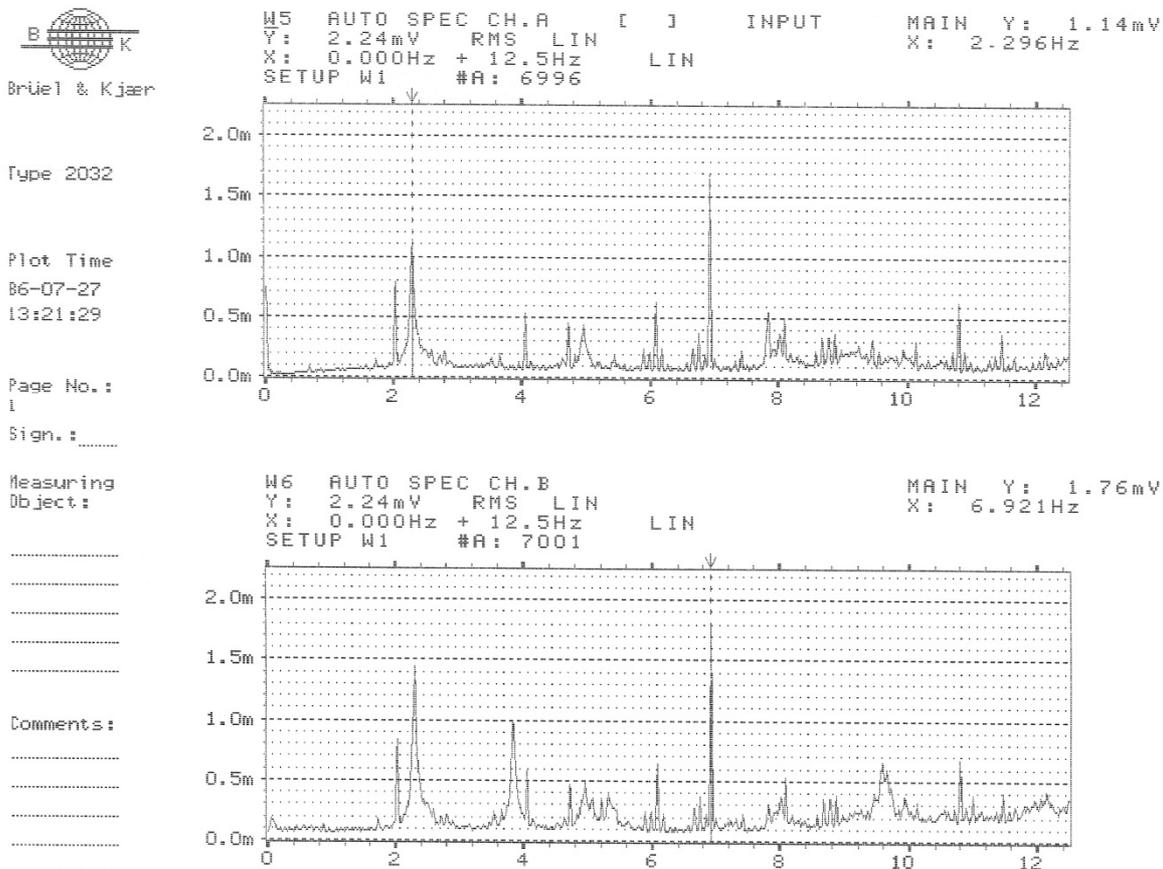


Figure A-42 : E280486-1625-6. Spectres fréquentiels des entrées A et B en amplitudes linéaires.



Briel & Kjaer

Type 2032

Plot Time
86-07-27
13:27:48

Page No.:
2

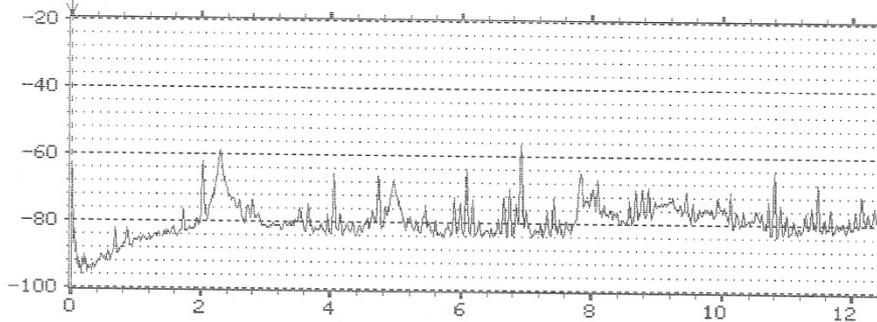
Sign.: _____

Measuring
Object:

Comments:

W5 AUTO SPEC CH.A
Y: -20.0dB /1.00V2 PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 9419

MAIN Y: -62.7dB
X: 0.000Hz



W6 AUTO SPEC CH.B
Y: -20.0dB /1.00V2 PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 9424

MAIN Y: -60.4dB
X: 3.843Hz

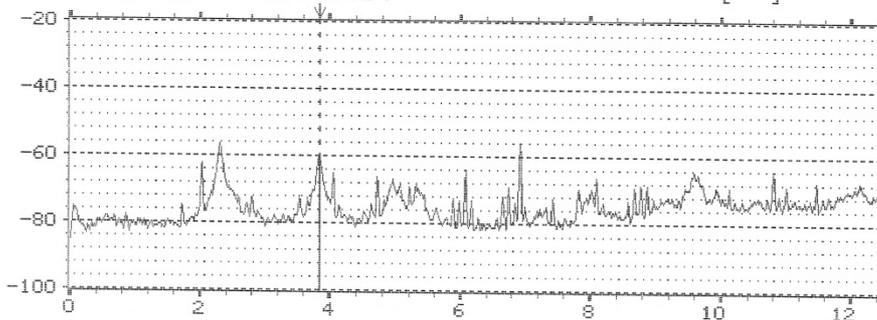


Figure A-43 : E280486-1625-7. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en amplitudes logarithmiques.

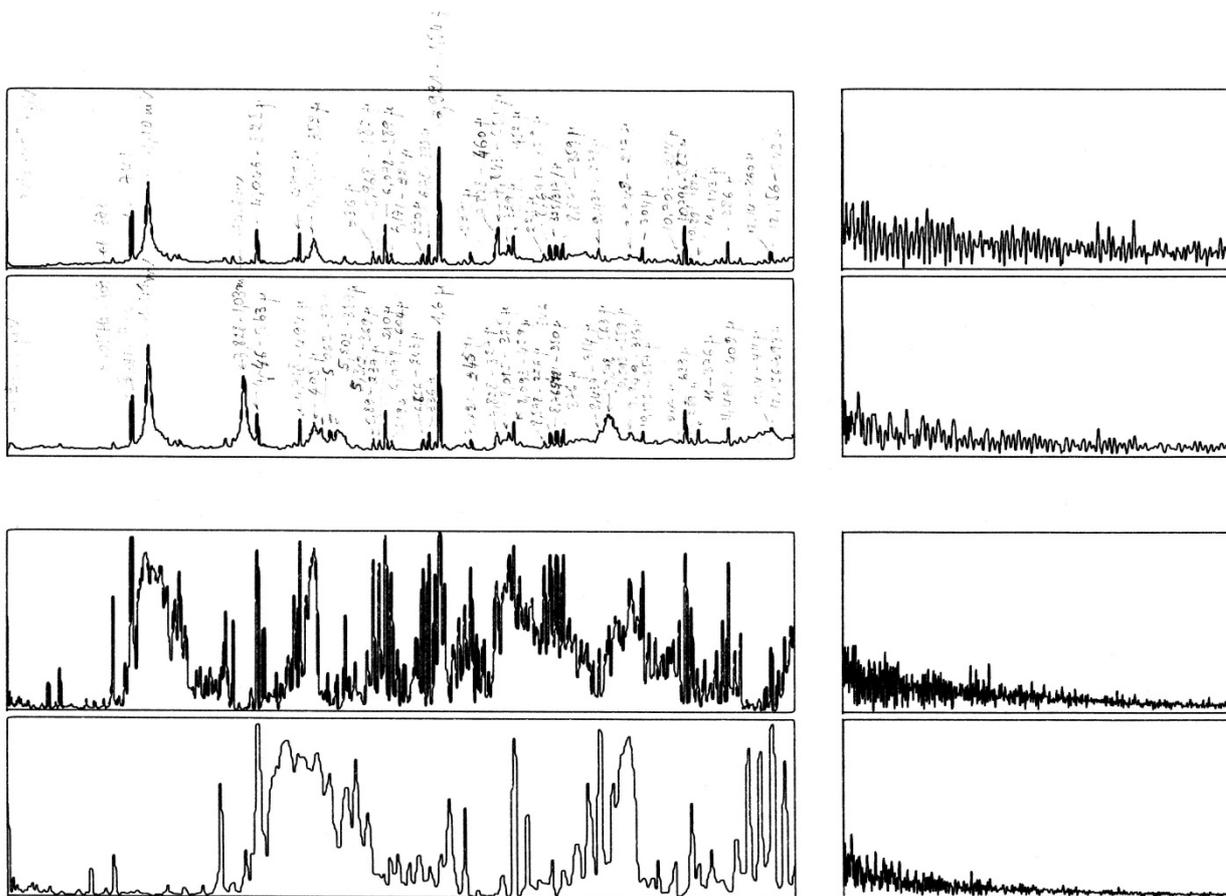


Figure A-44 : E280486-1625-t1

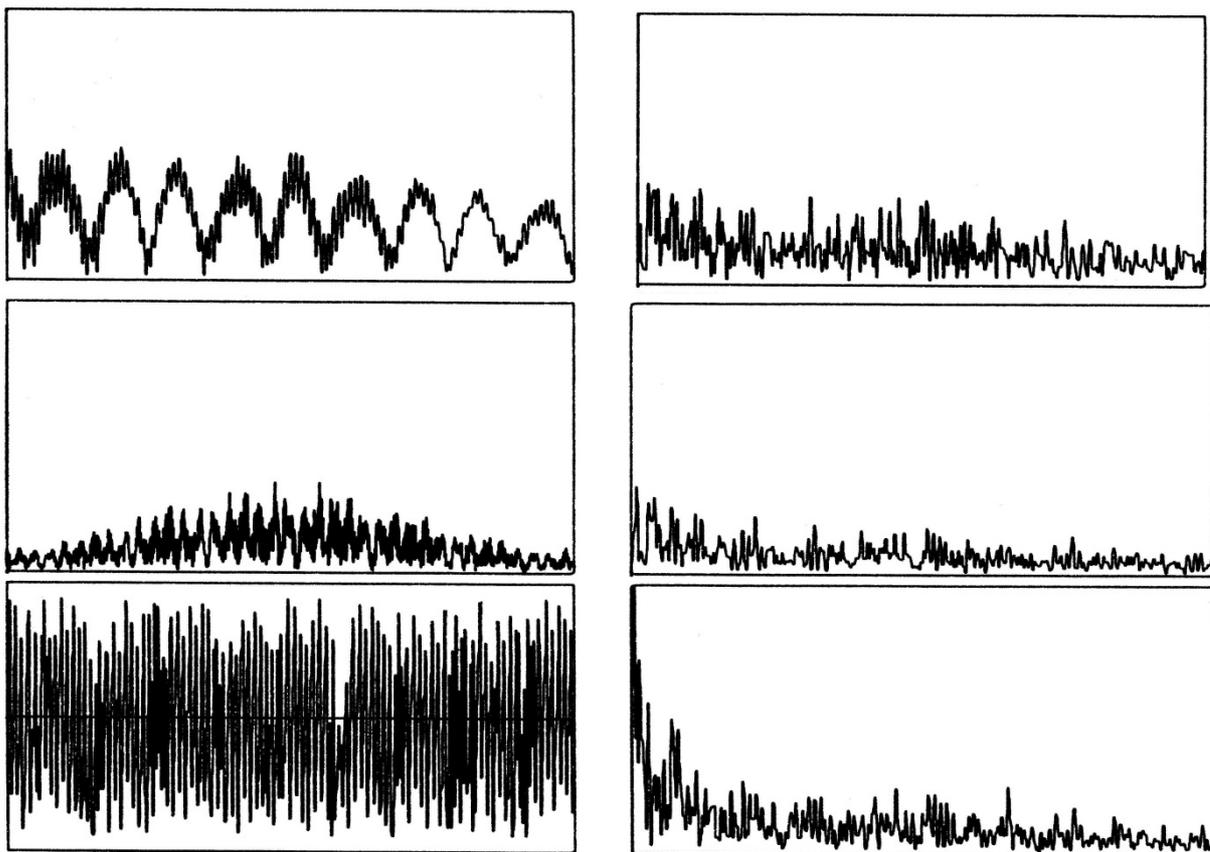


Figure A-45 : E280486-1625-t2

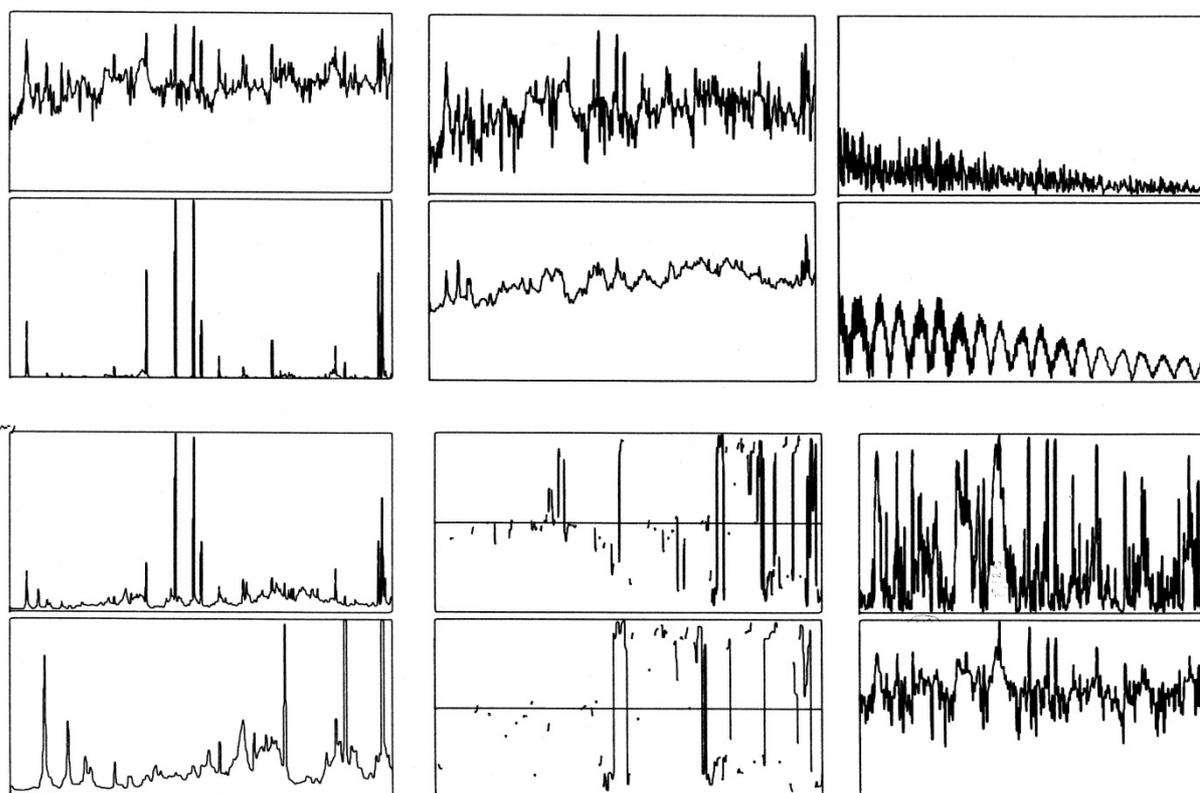


Figure A-46 : E280486-1625-t3

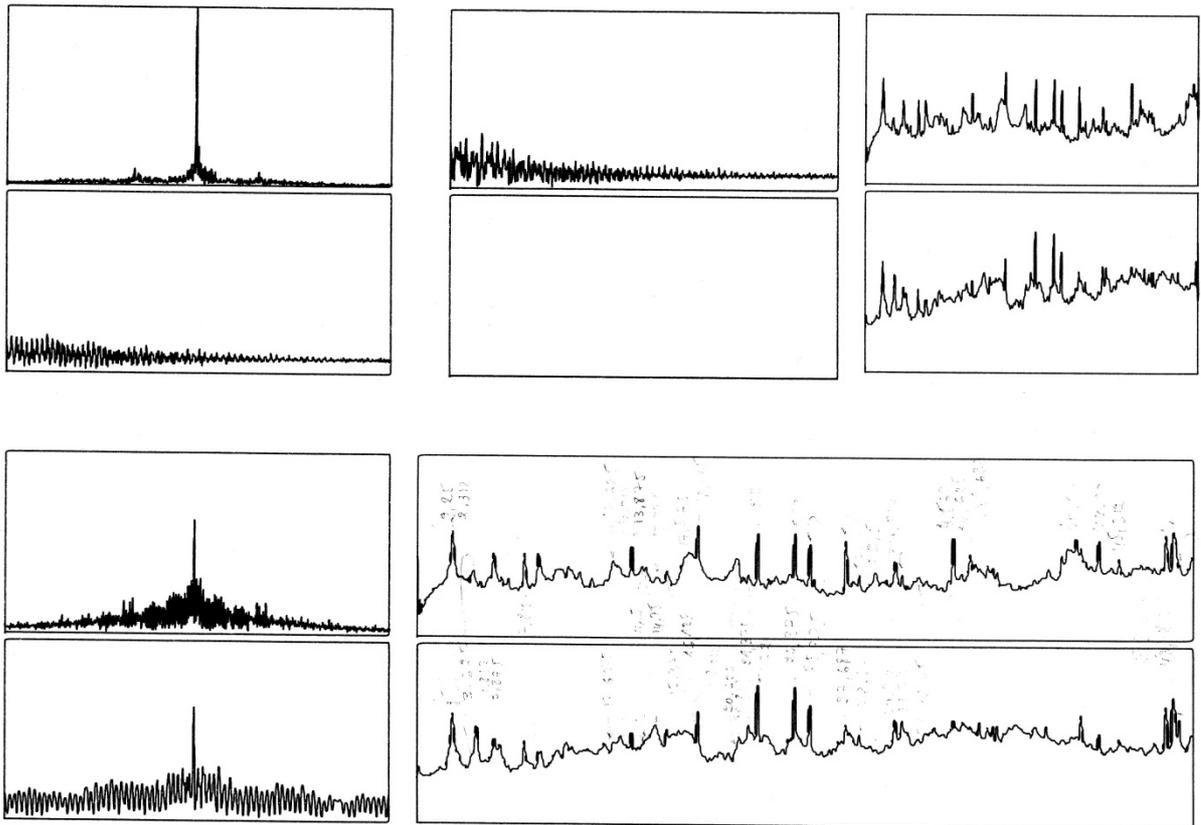


Figure A-47 : E280486-1625-t4

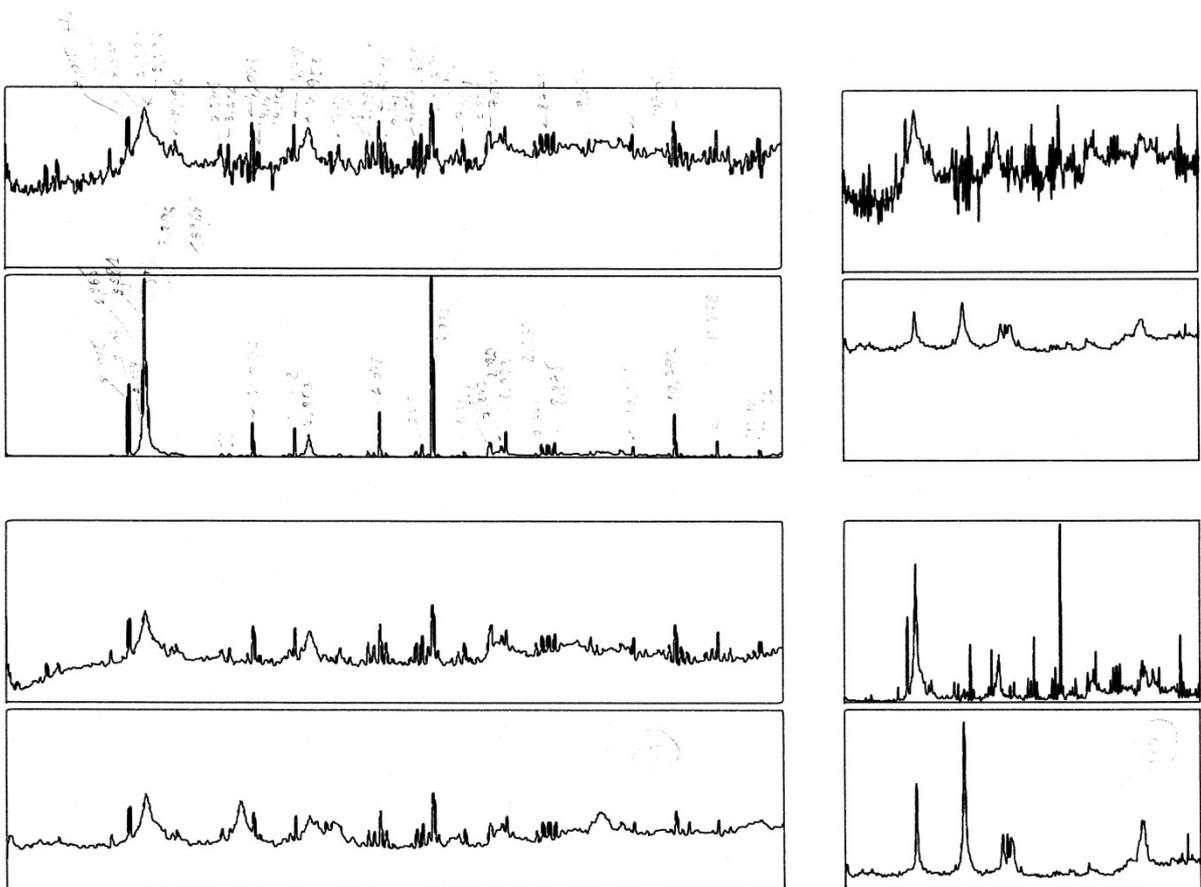


Figure A-48 : E280486-1625-t5

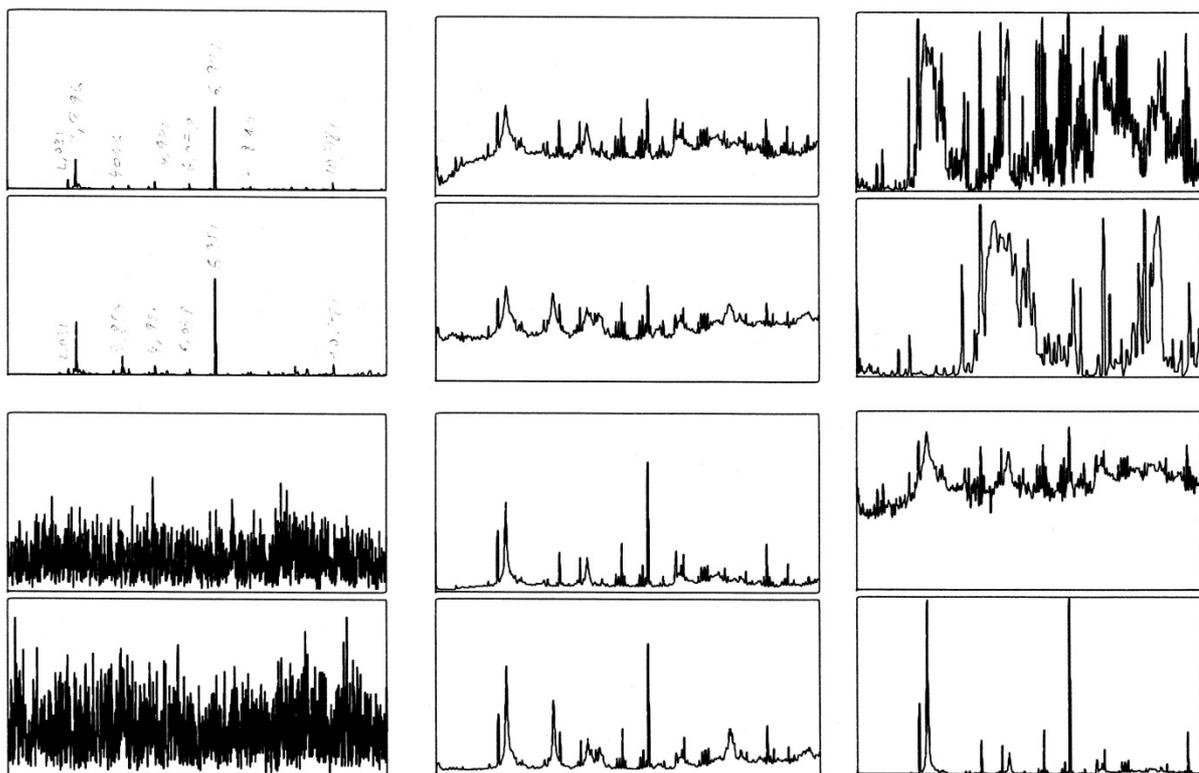


Figure A-49 : E280486-1625-t6

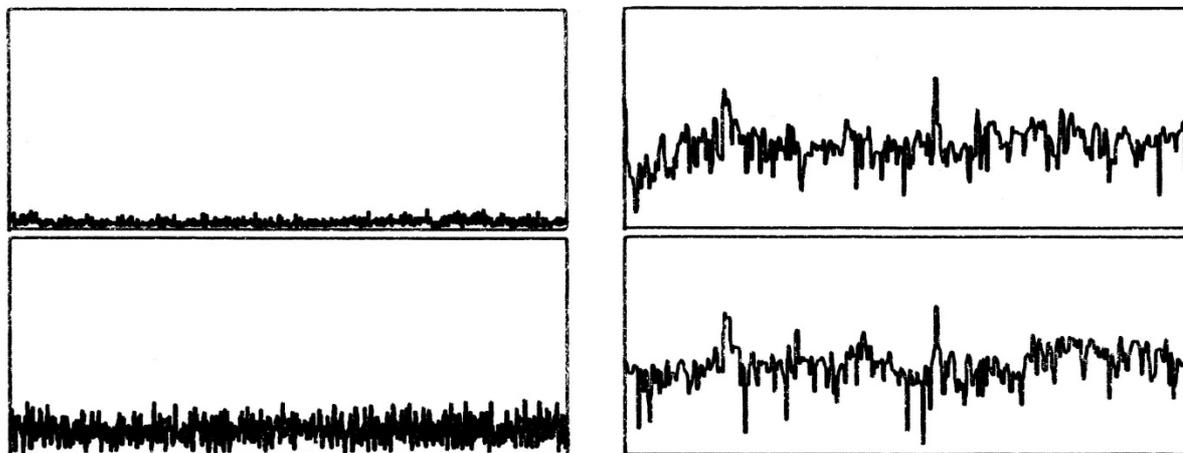
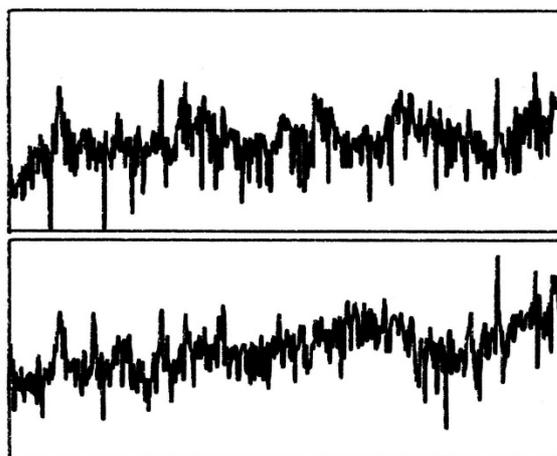


Figure A-50 : E280486-1625-t7



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-07
15:48:17Page No. :
8

Sign. :

Measuring
Object :
.....
.....
.....Comments :
.....
.....
.....

W6 COHERENCE
Y: 1.00
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000

INPUT

MAIN Y: 867m
X: 2.281Hz

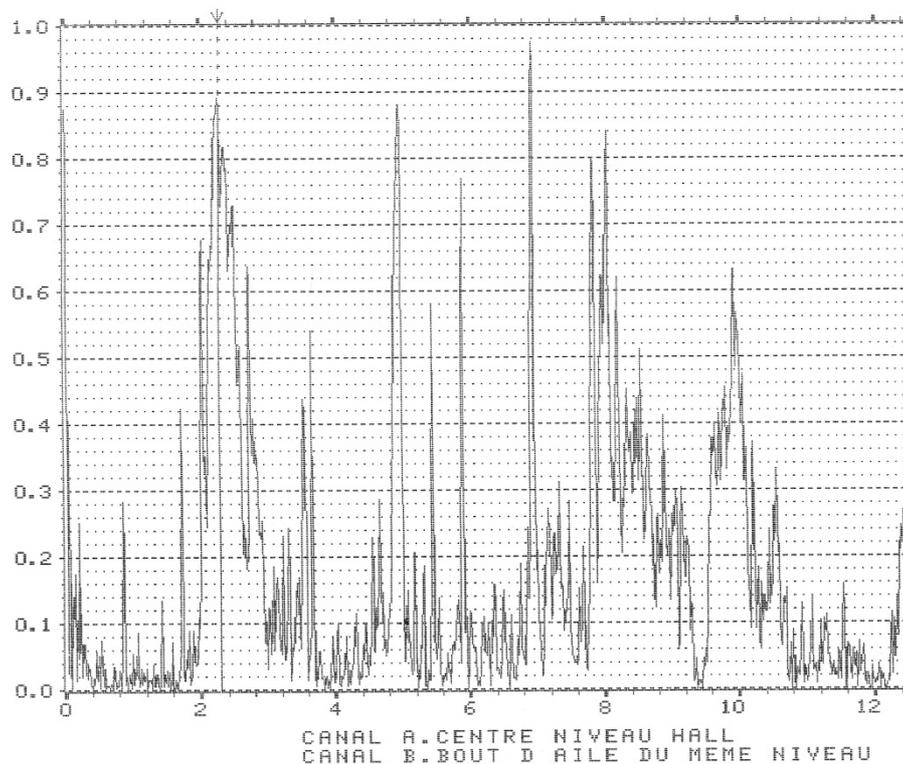
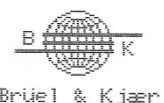


Figure A-51 : E280486-1630-1. Cohérence des deux entrées A et B.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-07
15:46:12Page No. :
7

Sign. :

Measuring
Object :
.....
.....
.....Comments :
.....
.....
.....

6 COHERENCE
Y: 1.00
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000

INPUT

MAIN Y: 867m
X: 2.281Hz

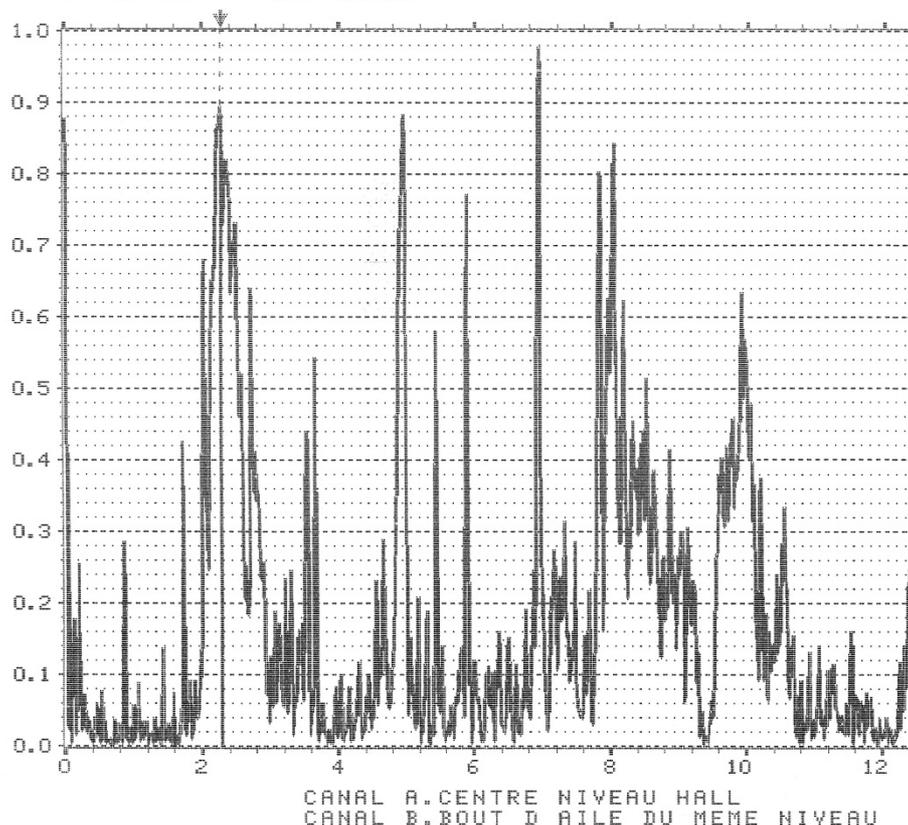
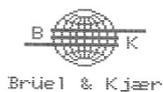


Figure A-52 : E280486-1630-2. Cohérence des deux entrées A et B.



Type 2032

Plot Time
86-06-07
15:31:46

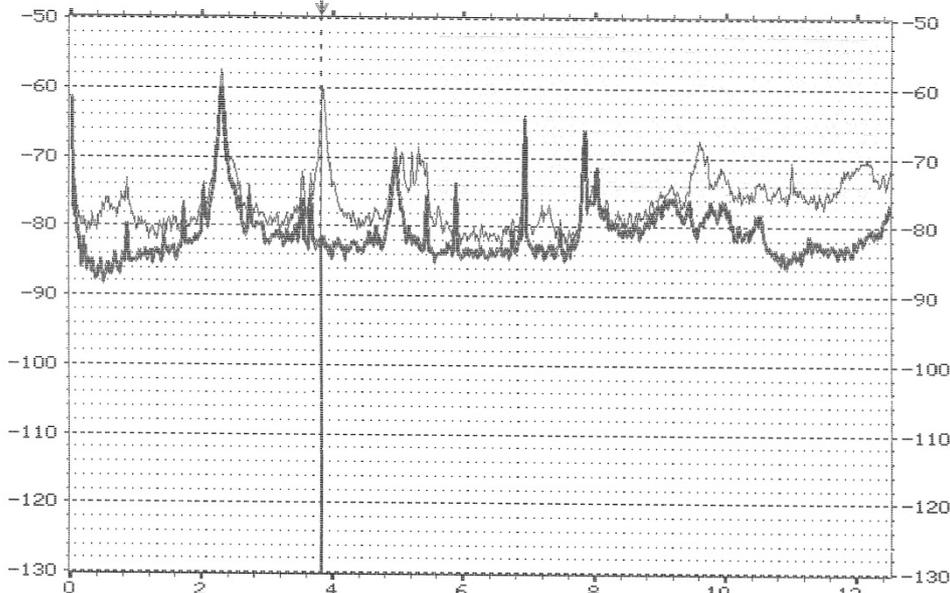
Page No. :
3

Sign. :

Measuring
Object :
.....
.....
.....

Comments :
.....
.....
.....

W1 AUTO SPEC CH.A [] INPUT MAIN Y: -83.4dB
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB X: 3.812Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
ENREGISTREMENT DU 28-04-86 A 16H-30



W2 AUTO SPEC CH.B MAIN Y: -61.7dB
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB X: 3.812Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
CANAL A.CENTRE NIVEAU HALL
CANAL B.BOUT D AILE DU MEME NIVEAU

Figure A-53 : E280486-1630-3. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.



Type 2032

Plot Time
86-06-07
15:28:26

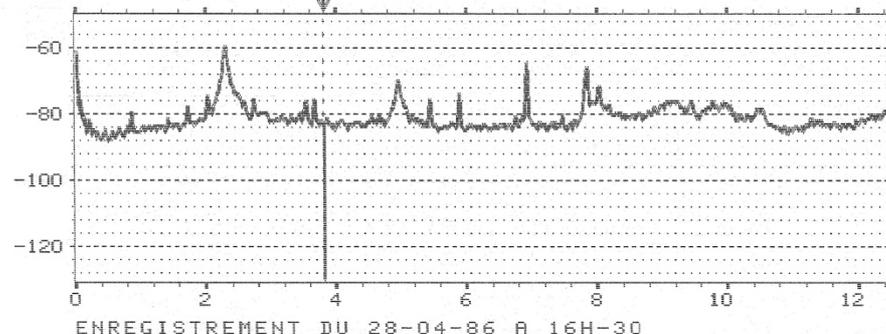
Page No. :
2

Sign. :

Measuring
Object :
.....
.....
.....

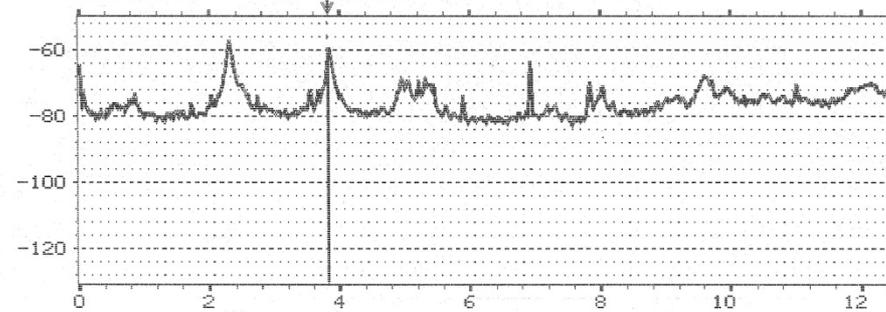
Comments :
.....
.....
.....

W1 AUTO SPEC CH.A [] MAIN Y: -83.4dB
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB X: 3.812Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000



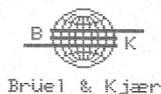
ENREGISTREMENT DU 28-04-86 A 16H-30

W2 AUTO SPEC CH.B MAIN Y: -61.7dB
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB X: 3.812Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000



CANAL A.CENTRE NIVEAU HALL
CANAL B.BOUT D AILE DU MEME NIVEAU

Figure A-54 : E280486-1630-4.. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.



Brüel & Kjaer

Type 2032

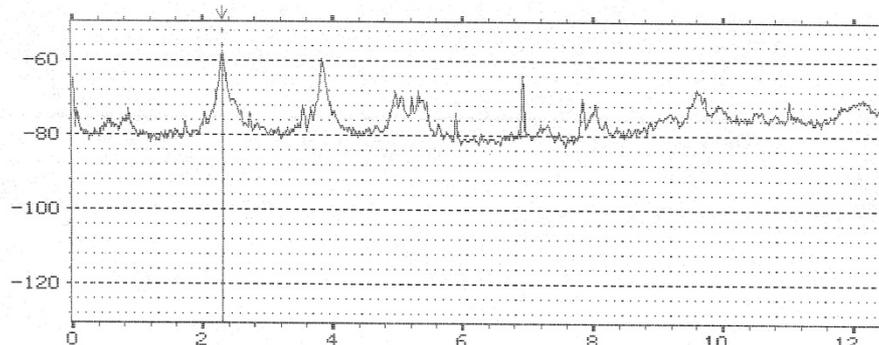
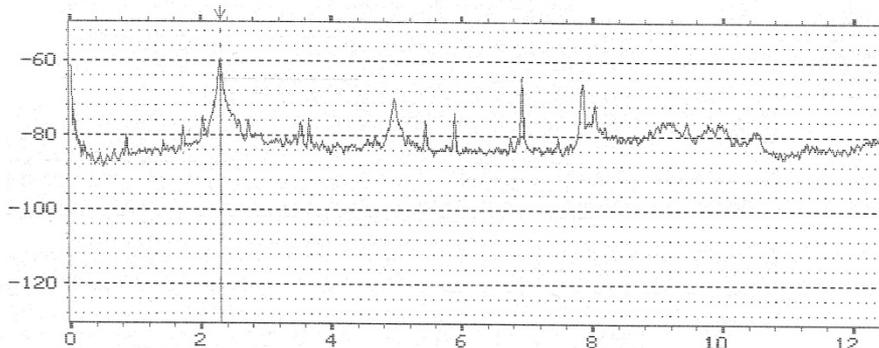
Plot Time
86-06-07
15:10:35

Page No. :
1
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
MAIN Y: -60.0dB
X: 2.296Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
MAIN Y: -57.6dB
X: 2.296Hz
[]

Figure A-55 : E280486-1630-5. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.



Brüel & Kjaer

Type 2032

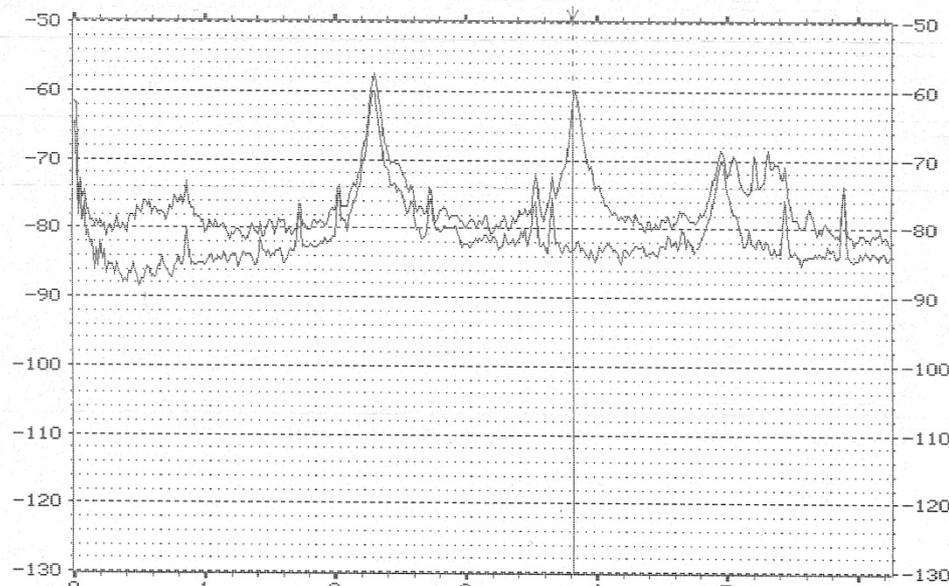
Plot Time
86-06-07
15:34:27

Page No. :
4
Sign. :

Measuring
Object :

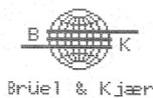
Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
ENREGISTREMENT DU 28-04-86 A 16H-30
MAIN Y: -83.4dB
X: 3.812Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
CANAL A.CENTRE NIVEAU HALL
CANAL B.BOUT D AILE DU MEME NIVEAU
MAIN Y: -61.7dB
X: 3.812Hz

Figure A-56 : E280486-1630-6. Spectres fréquentiels des entrées A et B avec amplitude RMS logarithmique.



W6 CROSS SPEC MAG
 Y: 1.18µV² PWR LIN
 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
 SETUP W1 #A: 10000
 MAIN Y: 25.9E-9V²
 X: 12.500Hz

Brüel & Kjær

Type 2032

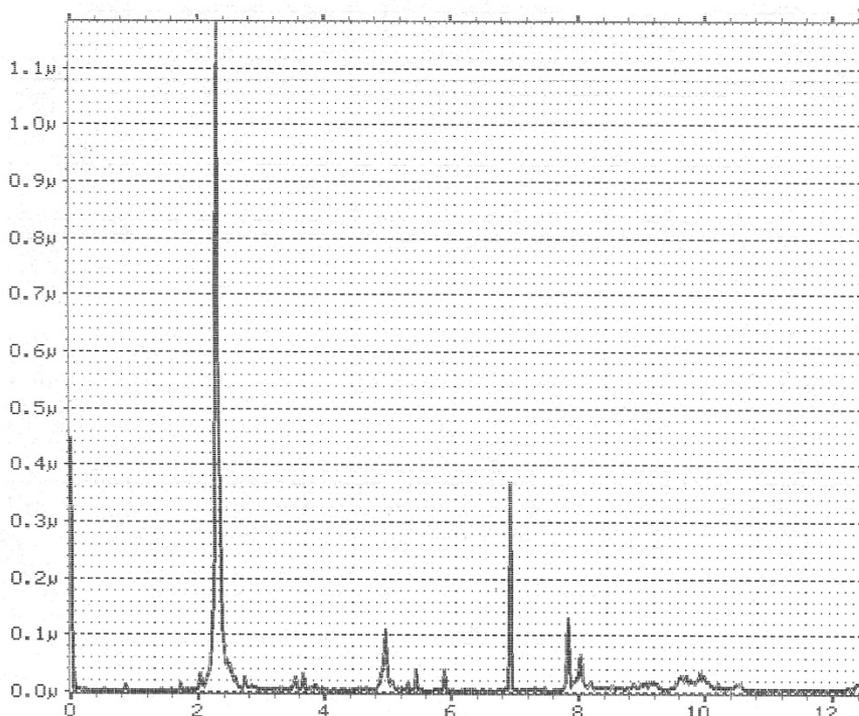
Plot Time
 86-06-07
 15:42:42

Page No. :
 5

Sign. :

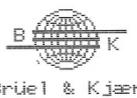
Measuring
 Object :

Comments :



ENREGISTREMENT DU 28-04-86 A 16H-30

Figure A-57 : E280486-1630-7. Amplitude du spectre de puissance fréquentielle croisée des entrées A et B.



W1 AUTO SPEC CH.A
 Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB
 X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
 SETUP W1 #A: 10000
 MAIN Y: -83.4dB
 X: 3.812Hz

Brüel & Kjær

Type 2032

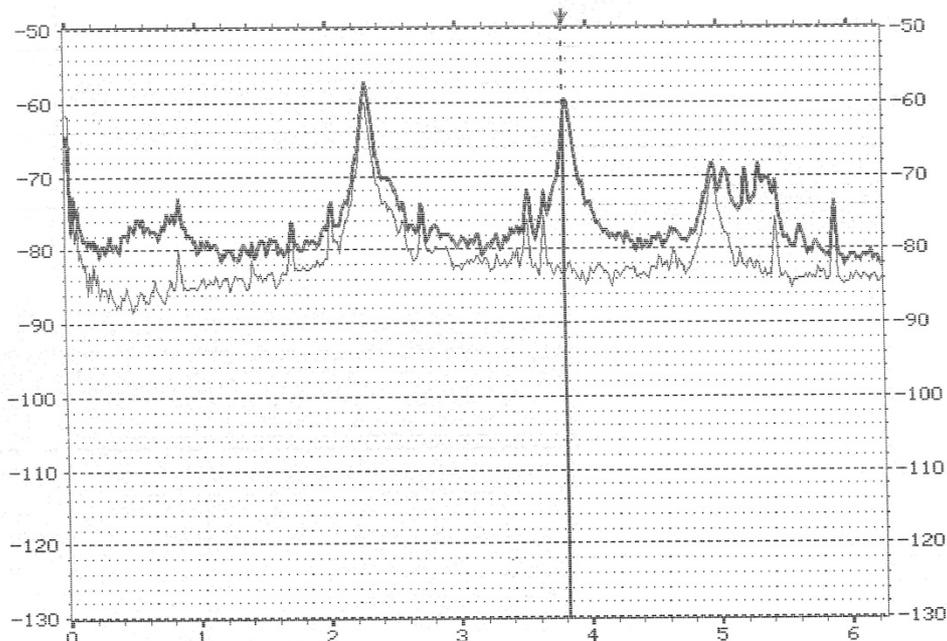
Plot Time
 86-06-07
 15:36:09

Page No. :
 5

Sign. :

Measuring
 Object :

Comments :



M2 AUTO SPEC CH.B [] INPUT MAIN Y: -61.7dB
 Y: -50.0dB /1.00V RMS 80dB X: 3.812Hz
 X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
 SETUP W1 #A: 10000
 CANAL A.CENTRE NIVEAU HALL
 CANAL B.BOUT D AILE DU MEME NIVEAU

Figure A-58 : E280486-1630-8. Spectres fréquentiels RMS des entrées A et B en échelle logarithmique.

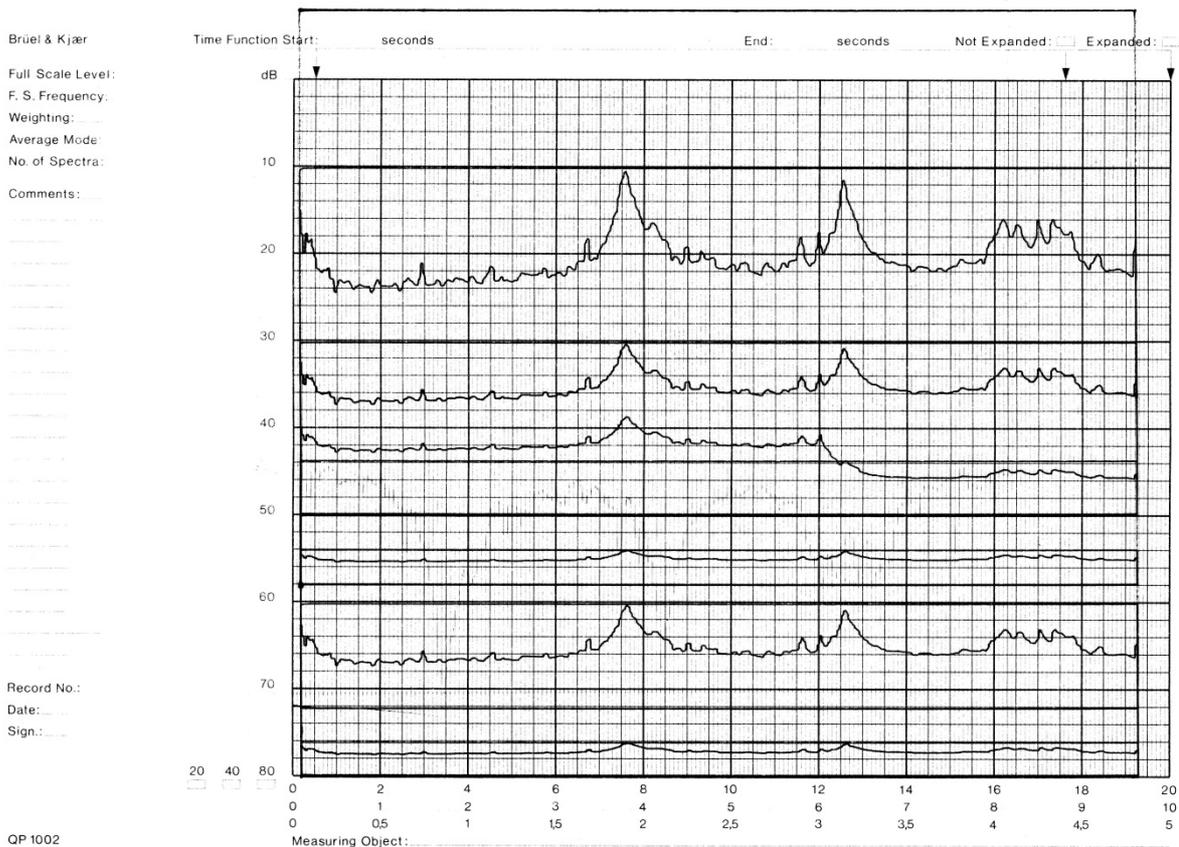


Figure A-59 : E280486-1630-t1

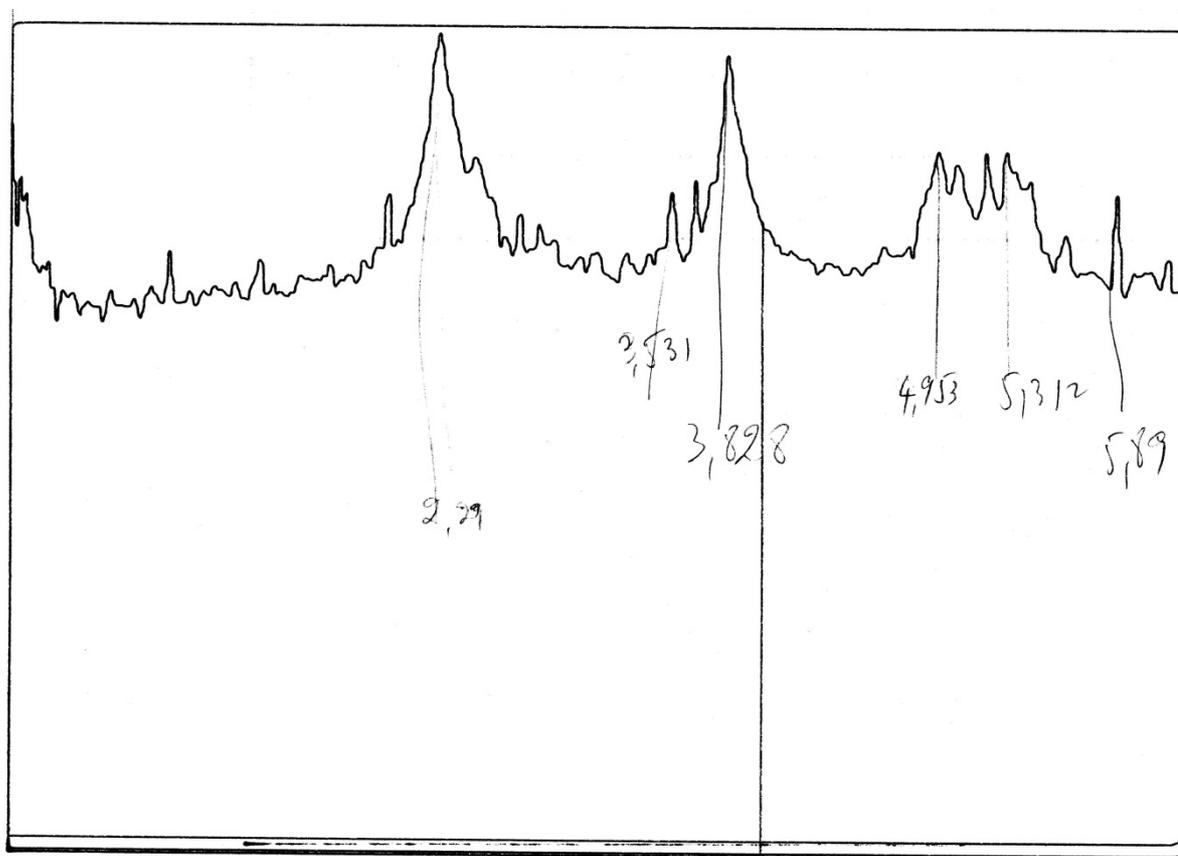
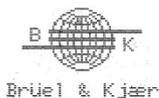


Figure A-60 : E280486-1630-t2



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
13:57:41

Page No. :
19

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 COHERENT POWER
Y: -20.0dB /1.00V² PWR 80dB MAIN Y: -55.8dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN X: 6.921Hz
SETUP W2 #A: 1000

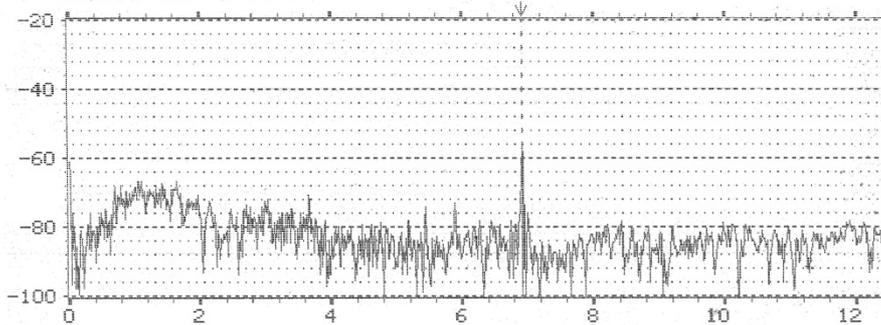
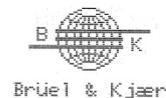


Figure A-61 : E280486-1655-1. Puissance de cohérence des entrées A et B en échelle logarithmique..



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
14:02:26

Page No. :
20

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 COHERENT POWER
Y: -20.0dB /1.00V²/Hz RMS 80dB MAIN Y: -61.1dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN X: 0.000Hz
SETUP W2 #A: 1000

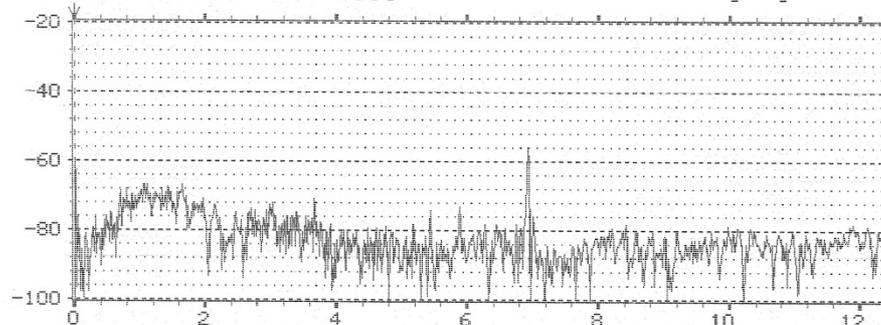


Figure A-62 : E280486-1655-2. Puissance de cohérence des entrées A et B en échelle logarithmique.



Brüel & Kjaer

Type 2032

Plot Time
86-06-14
14:08:51

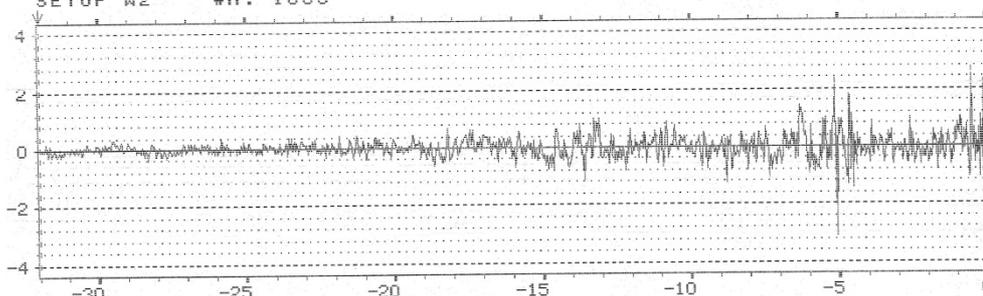
Page No. :
21

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 IMPULSE RESP REAL INPUT MAIN Y: -28.3m
Y: 4.33 X: -32.000s + 32s
X: -32.000s + 32s
SETUP W2 #A: 1000



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 SOUND INTENSITY REAL INPUT MAIN Y: -69.1dB-
Y: -20.0dB /1.00Vz 80dB X: 6.921Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

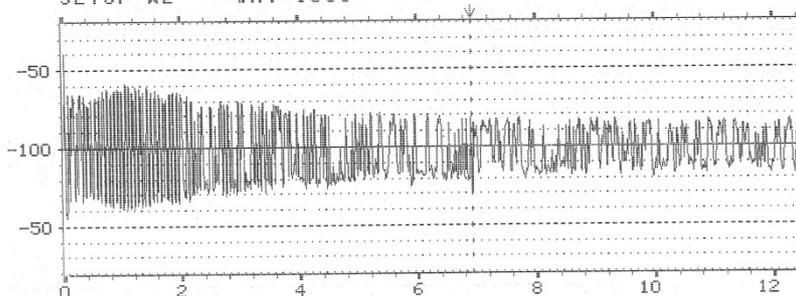
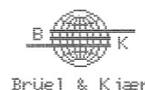


Figure A-63 : E280486-1655-3. Réponse à impulsion et intensité sonore du signal enregistré.



Brüel & Kjaer

Type 2032

Plot Time
86-06-14
14:14:06

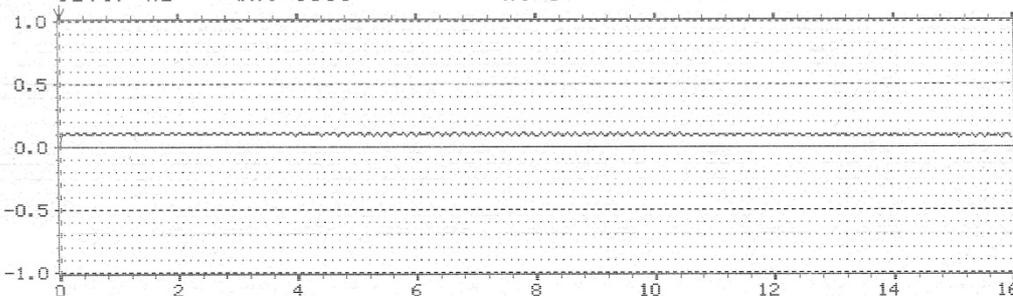
Page No. :
22

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 CEPSTRUM CH.A REAL INPUT MAIN Y: 0.02dB
Y: 1.00dB X: 0ms
X: 0ms + 16s SHORTPASS W: 1
SETUP W2 #A: 1000



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 CEPSTRUM CH.B REAL INPUT MAIN Y: 0.08dB
Y: 1.00dB X: 0ms + 16s SHORTPASS X: 13.843s
X: 0ms + 16s SHORTPASS W: 1
SETUP W2 #A: 1000

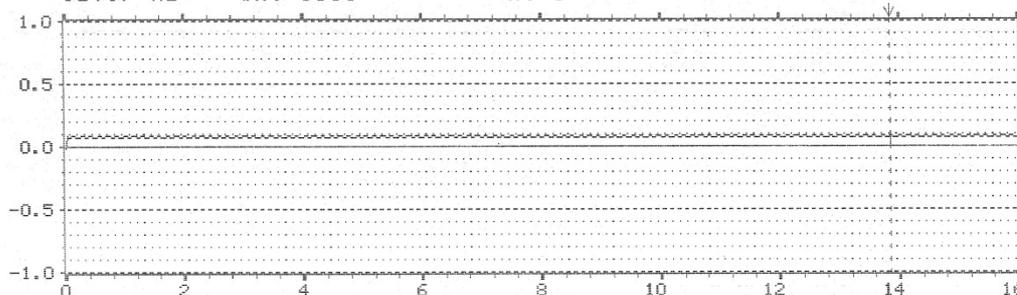


Figure A-64 : E280486-1655-4. Parties réelles du cepstre des deux entrées A et B.

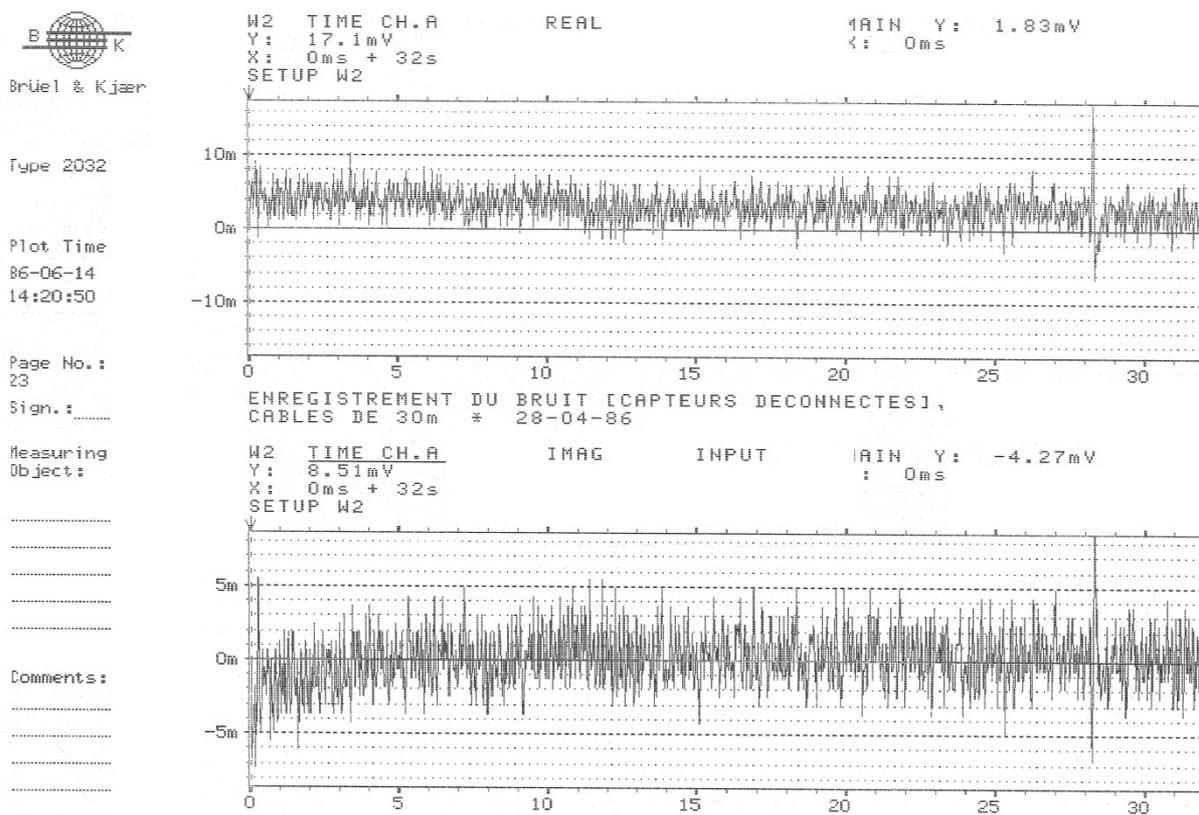


Figure A-65 : E280486-1655-5. Parties réelle et imaginaire du signal temporel à l'entrée A.

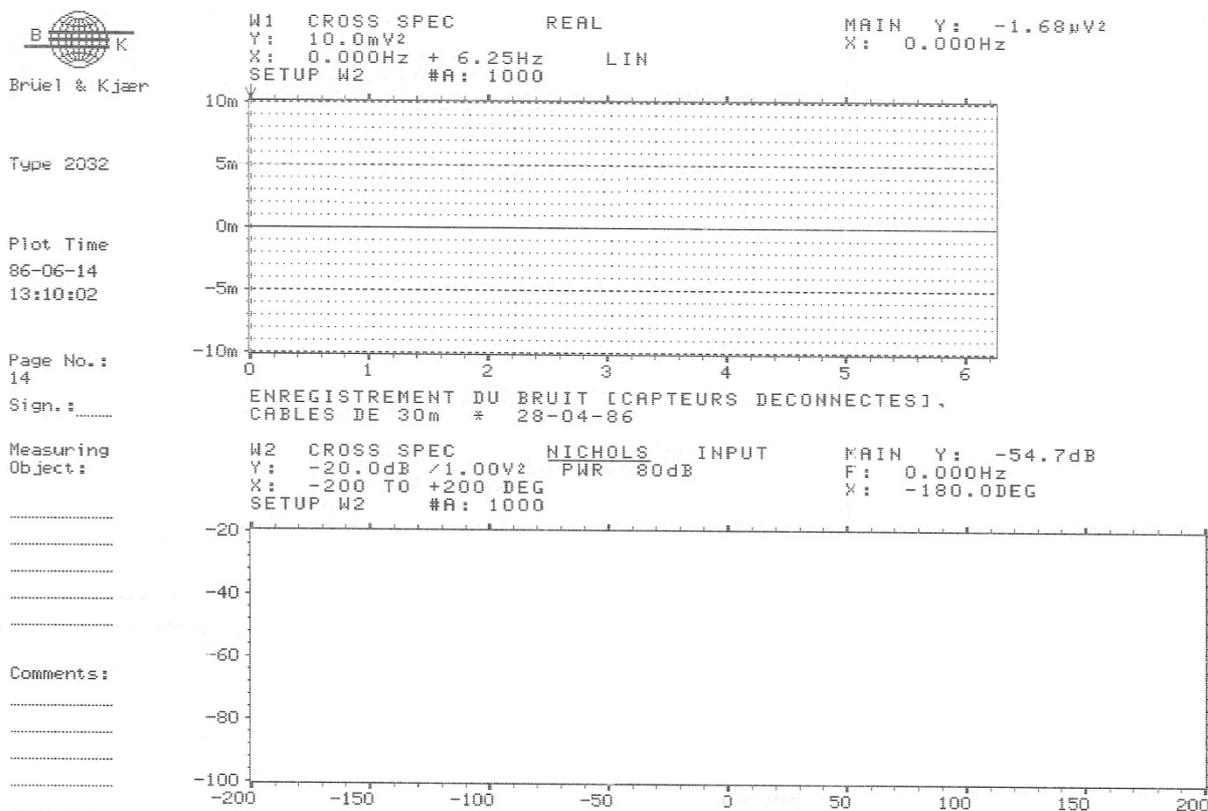
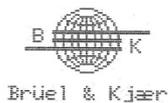


Figure A-66 : E280486-1655-6. Spectre croisé des deux entrées A et B en partie réelle et diagramme de Nichols.



Type 2032

Plot Time
86-06-14
13:24:05

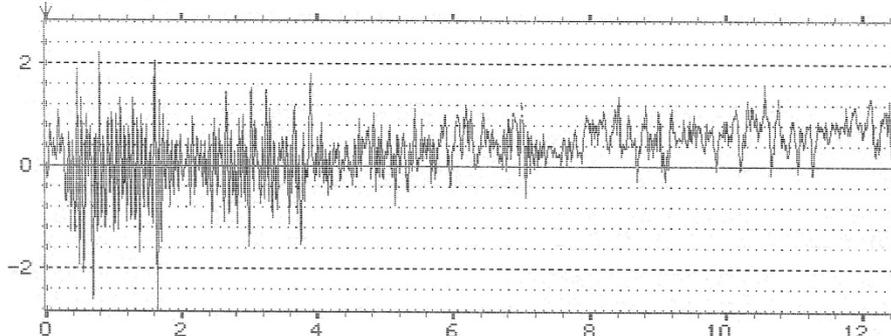
Page No. :
15

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 FREQ RESP H1 REAL MAIN Y: -230m
Y: 2.81 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
X: 0.000Hz #A: 1000
SETUP W2



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 FREQ RESP H1 IMAG INPUT MAIN Y: 36.8µ
Y: 2.98 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
X: 0.000Hz #A: 1000
SETUP W2

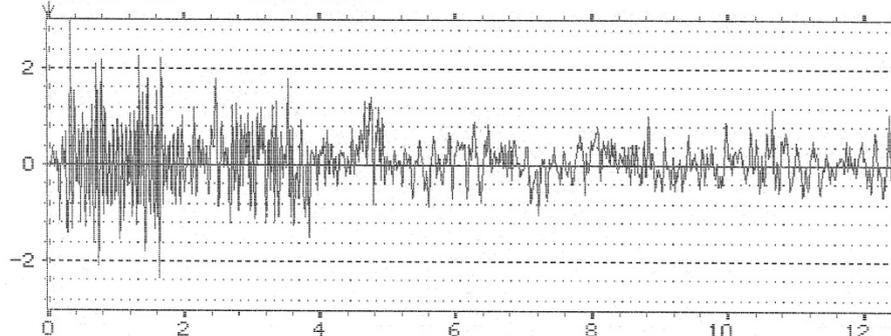


Figure A-67 : E280486-1655-7. Parties réelle et imaginaire de la réponse fréquentielle H1.



Type 2032

Plot Time
86-06-14
13:35:32

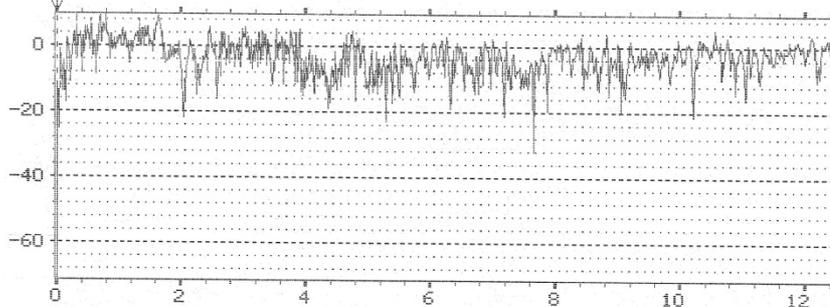
Page No. :
16

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 FREQ RESP H1 MAG MAIN Y: -12.8dB
Y: 8.9dB 80dB X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
X: 0.000Hz #A: 1000
SETUP W2



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 FREQ RESP H1 PHASE INPUT MAIN Y: -180.0DEG
Y: -200 TO +200 DEG X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
X: 0.000Hz #A: 1000
SETUP W2

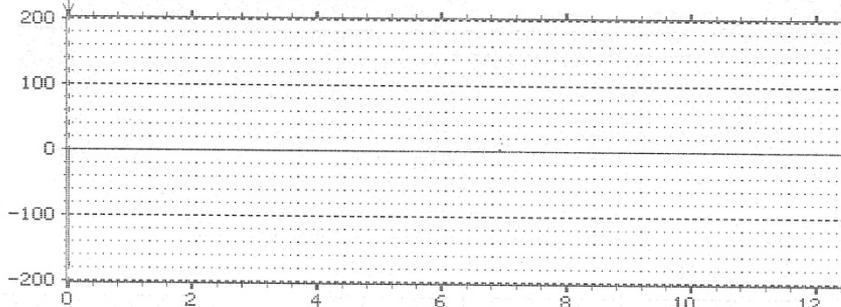
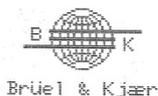


Figure A-68 : E280486-1655-8. Parties réelle et phase de la réponse fréquentielle H1.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
13:35:32

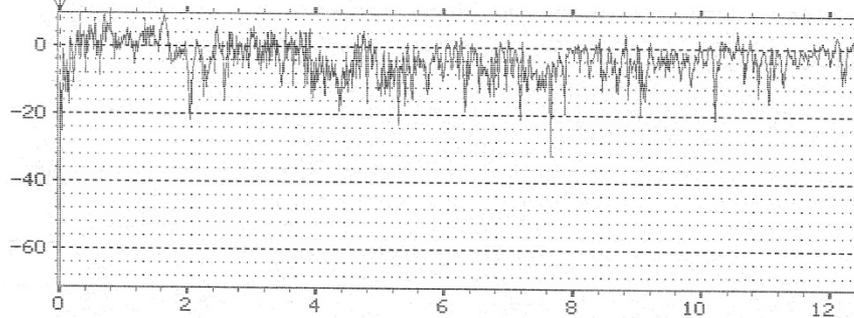
Page No.:
16

Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W2 FREQ RESP H1 MAG MAIN Y: -12.8dB
Y: 8.9dB 80dB X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 FREQ RESP H1 PHASE INPUT MAIN Y: -180.0DEG
Y: -200 TO +200 DEG X: 0.000Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

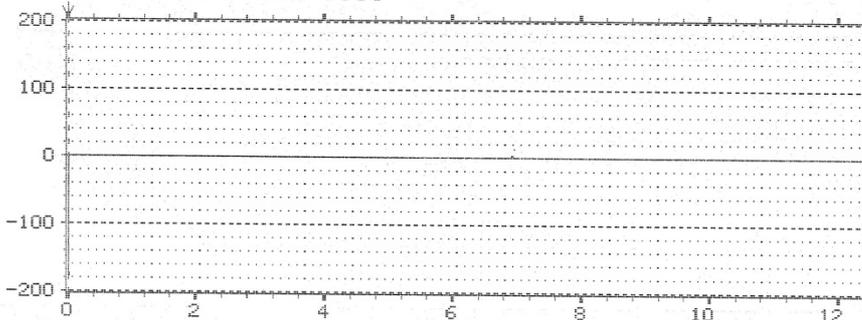


Figure A-69 : E280486-1655-9. Parties réelle et phase de la réponse fréquentielle H1.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
13:51:19

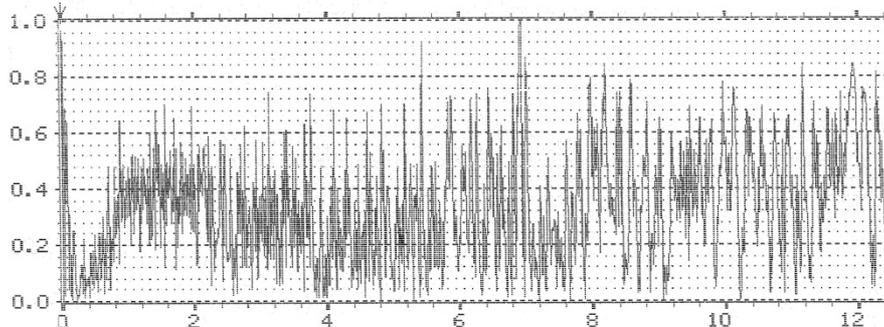
Page No.:
18

Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W2 COHERENCE INPUT MAIN Y: 947m
Y: 1.00 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 SIG/NOISE RATIO MAIN Y: 12.5dB
Y: 25.1dB 80dB X: 0.000Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

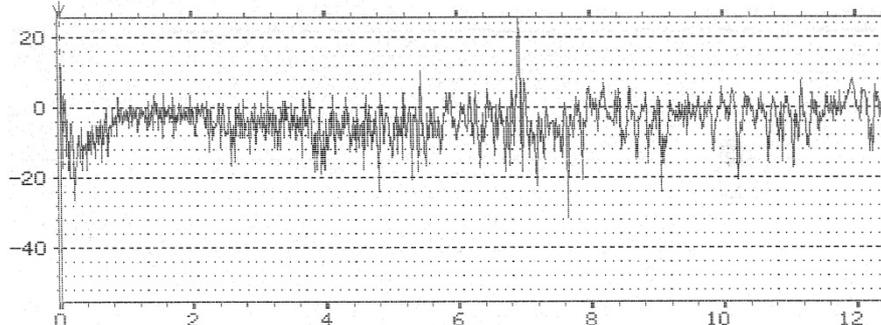
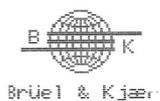


Figure A-70 : E280486-1655-10. Cohérence et rapport signal / bruit.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
13:51:19

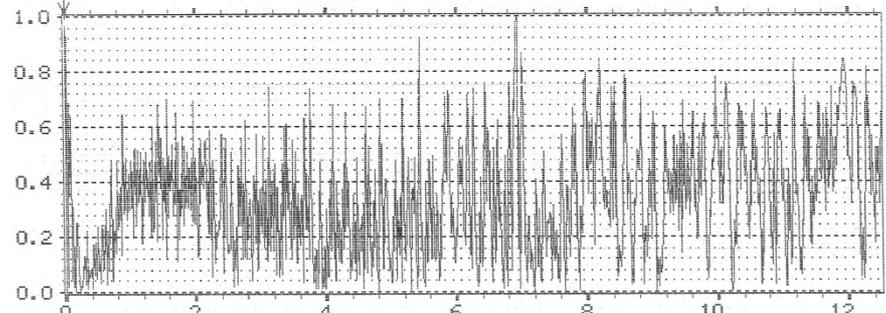
Page No. :
18

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W2 COHERENCE INPUT MAIN Y: 947m
Y: 1.00 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000



ENREGISTREMENT DU BRUIT (CAPTEURS DECONNECTES),
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 SIG/NOISE RATIO MAIN Y: 12.5dB
Y: 25.1dB 80dB X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

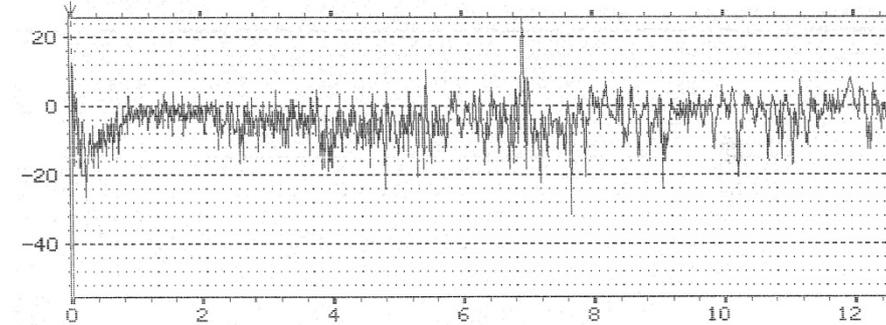
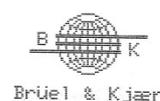


Figure A-71 : E280486-1655-11. Cohérence et rapport signal / bruit.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
11:02:41

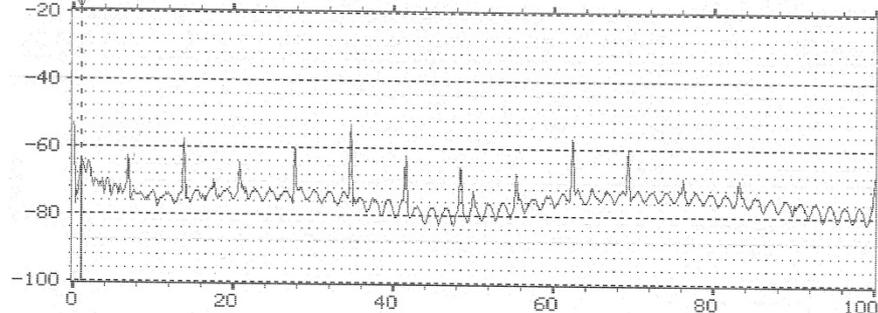
Page No. :

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A MAIN Y: -65.1dB
Y: -20.0dB /1.00V RMS 80dB X: 0.000Hz + 100Hz LIN
SETUP 4 #A: 2000 []



W2 AUTO SPEC CH.B MAIN Y: -59.5dB
Y: -20.0dB /1.00V RMS 80dB X: 0.000Hz + 100Hz LIN
SETUP 4 #A: 2000

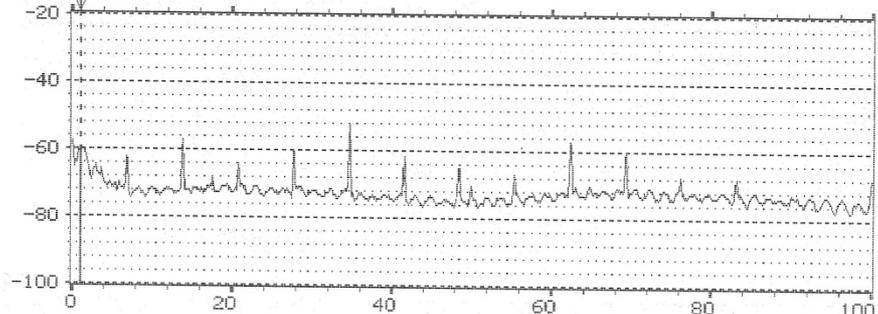
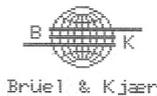


Figure A-72 : E280486-1655-12. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
11:06:00

Page No. :
10

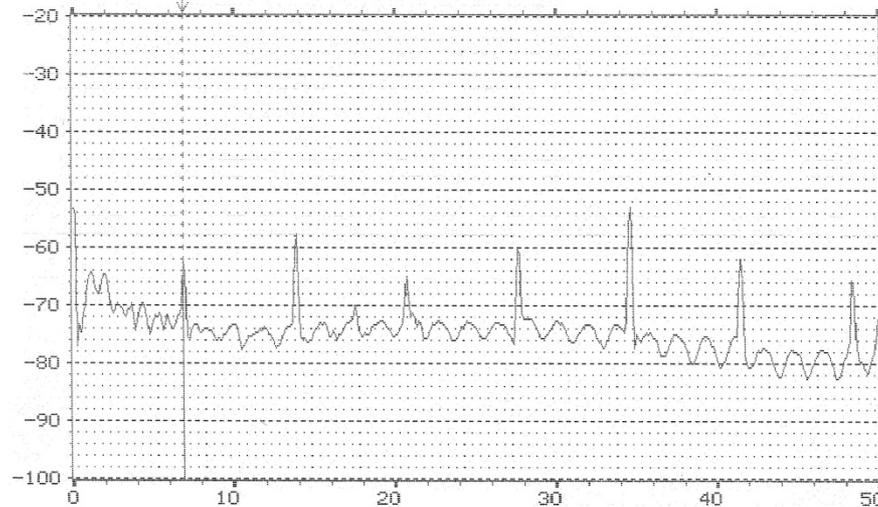
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -20.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 50Hz LIN
#A: 2000

MAIN Y: -62.7dB
X: 6.875Hz



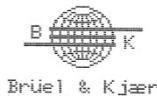
SETUP 4

MEASUREMENT: DUAL SPECTRUM AVERAGING
TRIGGER: FREE RUN
DELAY: CH.A→B: 0.0ms
AVERAGING: LIN 2000 OVERLAP: MAX

FREQ SPAN: 100Hz ΔF:125mHz T:8s ΔT:3.91ms
CENTER FREQ: BASEBAND
WEIGHTING: HANNING

CH.A: 10V + 3Hz DIR FILT:25.6kHz 1V/V
CH.B: 10V + 3Hz DIR FILT:25.6kHz 1V/V
GENERATOR: DISABLED

Figure A-73 : E280486-1655-13. Spectre fréquentiel en RMS de l'entrée A en échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
11:22:34

Page No. :
11

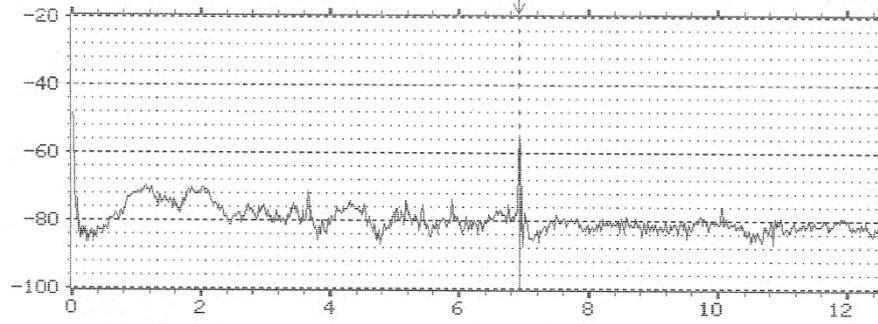
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -20.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

MAIN Y: -54.7dB
X: 6.921Hz



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 AUTO SPEC CH.B
Y: -20.0dB /1.00V RMS 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

MAIN Y: -55.8dB
X: 6.921Hz

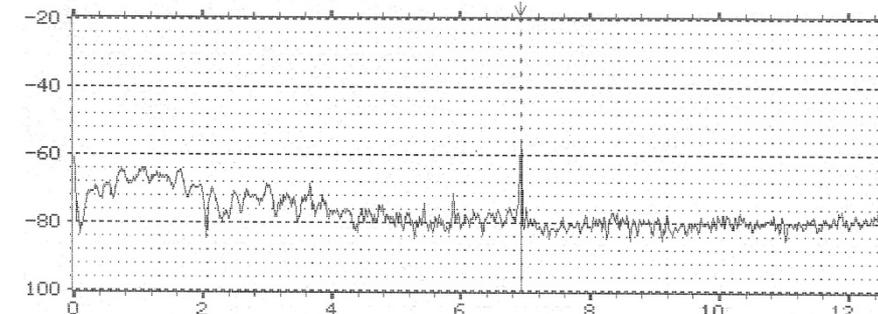
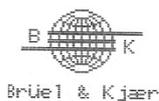


Figure A-74 : E280486-1655-14. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
11:41:58

Page No. :
12

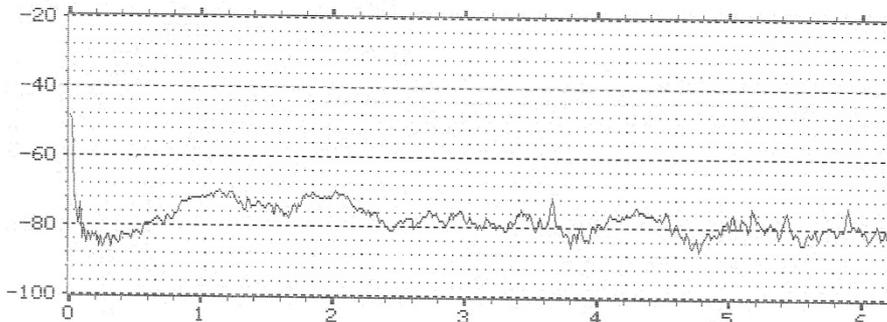
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -20.0dB /1.00Vz PWR 80dB
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

MAIN Y: -54.7dB
X: 6.921Hz



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 AUTO SPEC CH.B
Y: -20.0dB /1.00Vz PWR 80dB
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

MAIN Y: -55.8dB
X: 6.921Hz

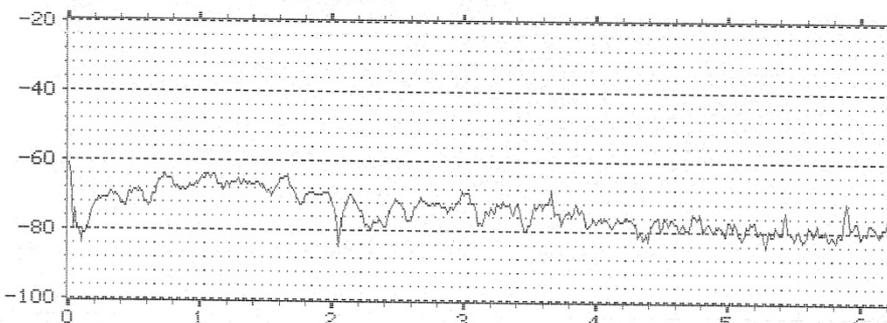
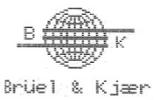


Figure A-75 : E280486-1655-15. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
13:04:54

Page No. :
13

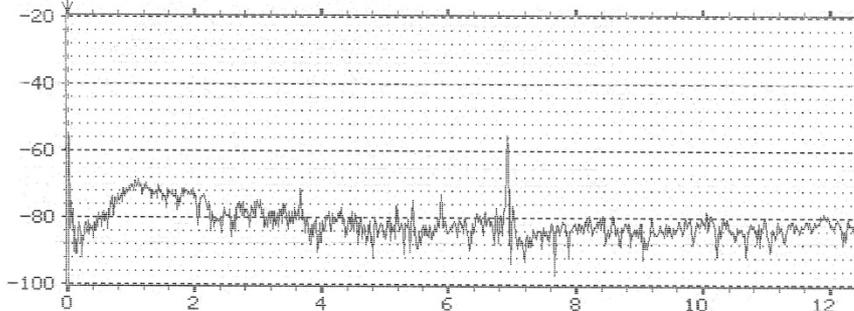
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 CROSS SPEC MAG
Y: -20.0dB /1.00Vz PWR -80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

MAIN Y: -54.7dB
X: 0.000Hz



ENREGISTREMENT DU BRUIT [CAPTEURS DECONNECTES],
CABLES DE 30m * 28-04-86

W2 CROSS SPEC PHASE
Y: -200 TO +200 DEG
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 1000

MAIN Y: -180.0DEG
X: 0.000Hz

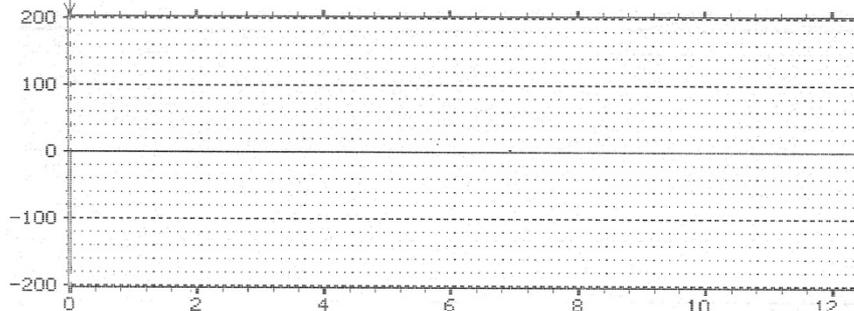


Figure A-76 : E280486-1655-16. Parties réelle et phase du spectre croisé.



Type 2032

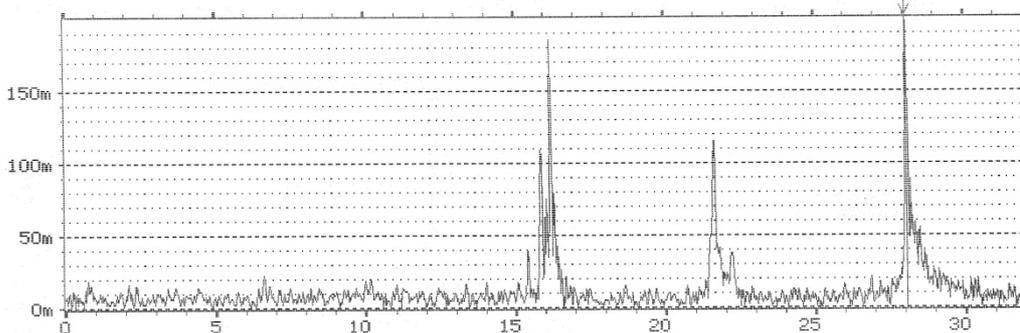
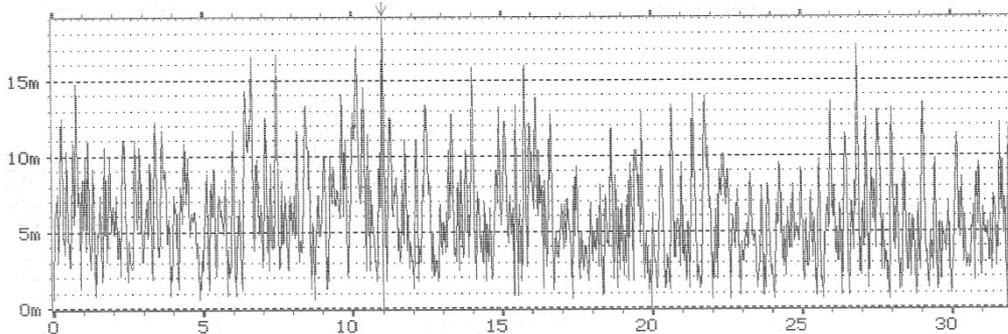
Plot Time
86-06-14
17:26:49

Page No. :
6
Sign. :

Measuring
Object :
.....
.....
.....
.....

Comments :
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

W1 TIME CH.A MAG INPUT MAIN Y: 18.8mV
Y: 19.0mV LIN X: 11.000s
X: 0ms + 32s
SETUP W2



W2 TIME CH.B MAG MAIN Y: 209mV
Y: 200mV LIN X: 28.062s
X: 0ms + 32s
SETUP W2

Figure A-77 : E280486-1655-18. Phase et amplitude du signal temporel.



Type 2032

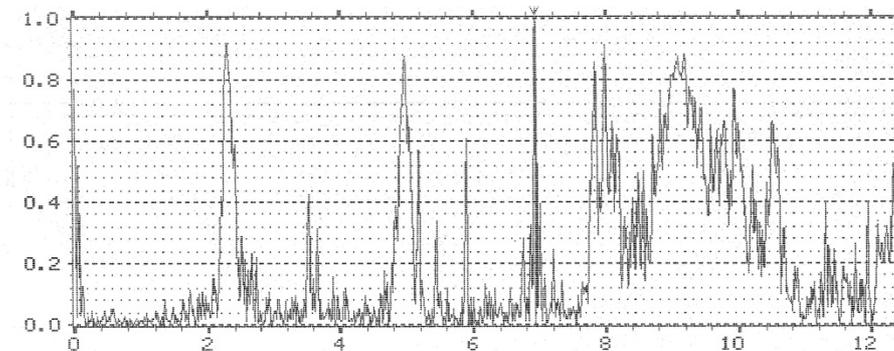
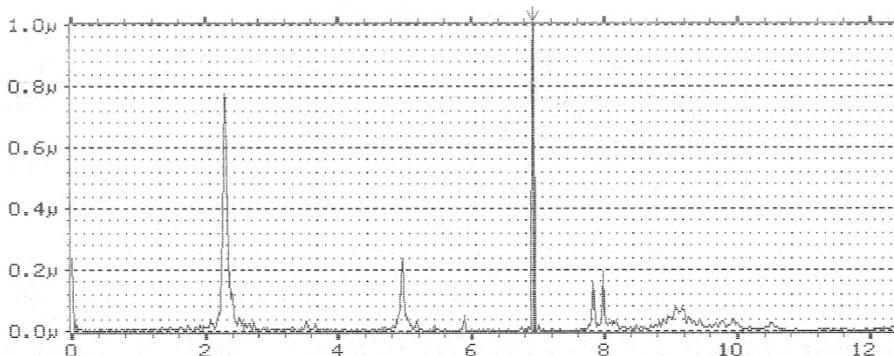
Plot Time
86-06-14
17:12:23

Page No. :
5
Sign. :

Measuring
Object :
.....
.....
.....
.....

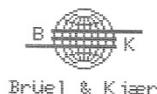
Comments :
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

W1 CROSS SPEC MAG MAIN Y: 4.47µV²
Y: 1.00µV² PWR LIN X: 6.921Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 5000



W2 COHERENCE MAIN Y: 995m
Y: 1.00 X: 6.921Hz
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W2 #A: 5000 []

Figure A-78 : E280486-1655-19. Amplitude du spectre croisé et cohérence.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
17:09:23

Page No.:
4

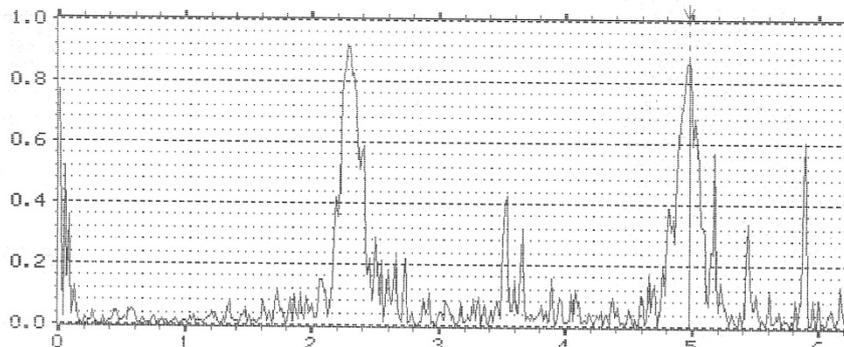
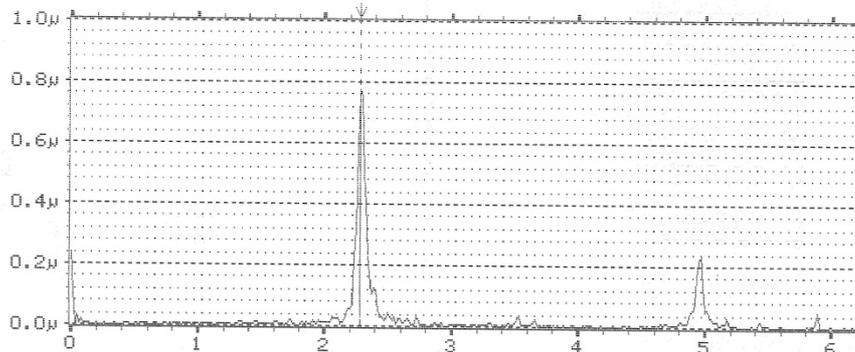
Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W1 CROSS SPEC MAG
Y: 1.00µV2 PWR LIN
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W2 #A: 5000

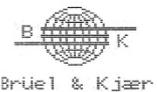
MAIN Y: 772E-9V2
X: 2.281Hz



W2 COHERENCE
Y: 1.00
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W2 #A: 5000

MAIN Y: 875m
X: 4.968Hz

Figure A-79 : E280486-1655-20. Amplitude du spectre croisé et cohérence.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-06-14
16:45:52

Page No.:
3

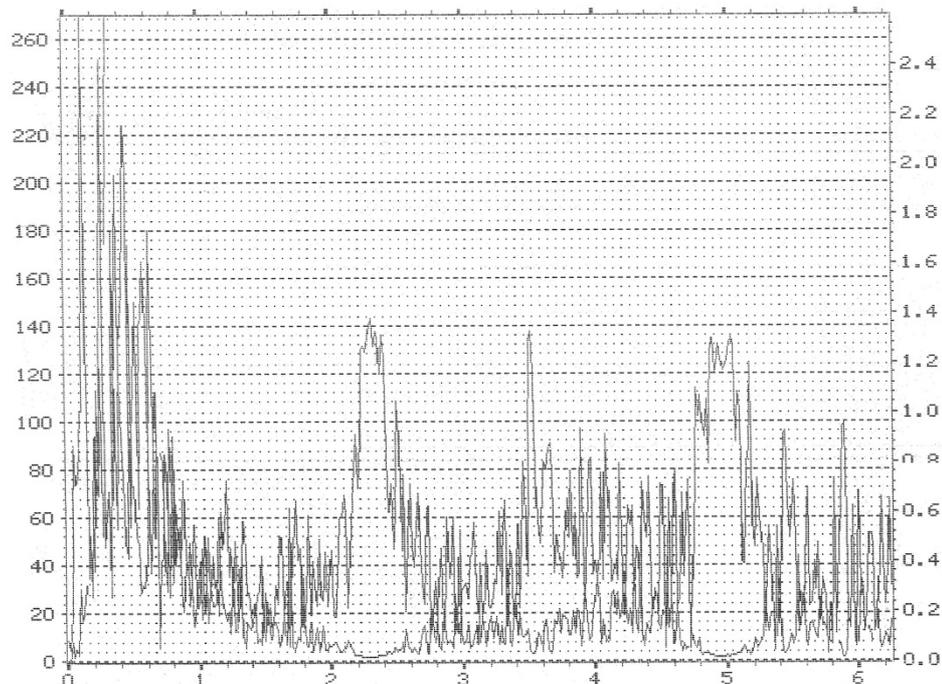
Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W1 FREQ RESP H1 MAG
Y: 2.59 LIN
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W2 #A: 5000

MAIN Y: 1.26
X: 10.656Hz



W2 FREQ RESP H2 MAG INPUT
Y: 269 LIN
X: 0.000Hz + 6.25Hz LIN
SETUP W2 #A: 5000

MAIN Y: 4.03
X: 10.656Hz

Figure A-80 : E280486-1655-21. Amplitude de la réponse fréquentielle H2.

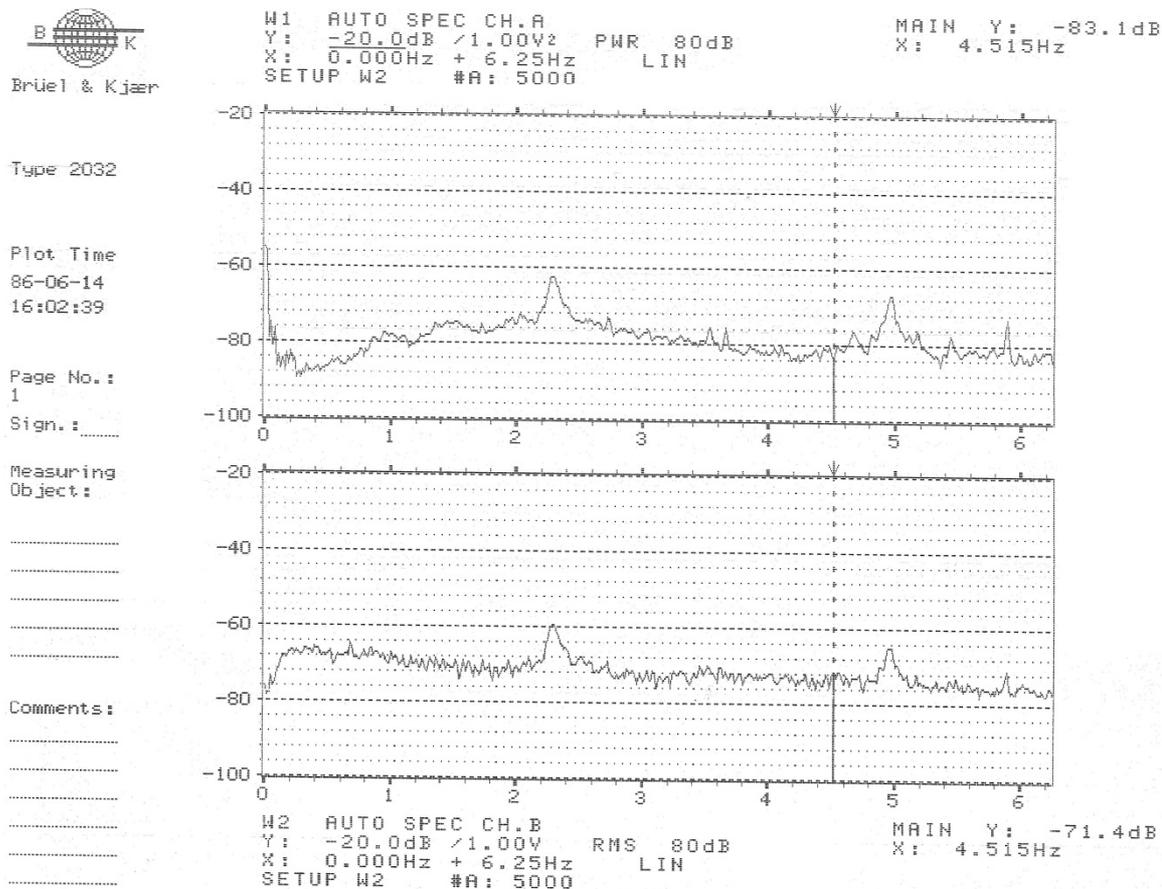


Figure A-81 : E280486-1655-22. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.

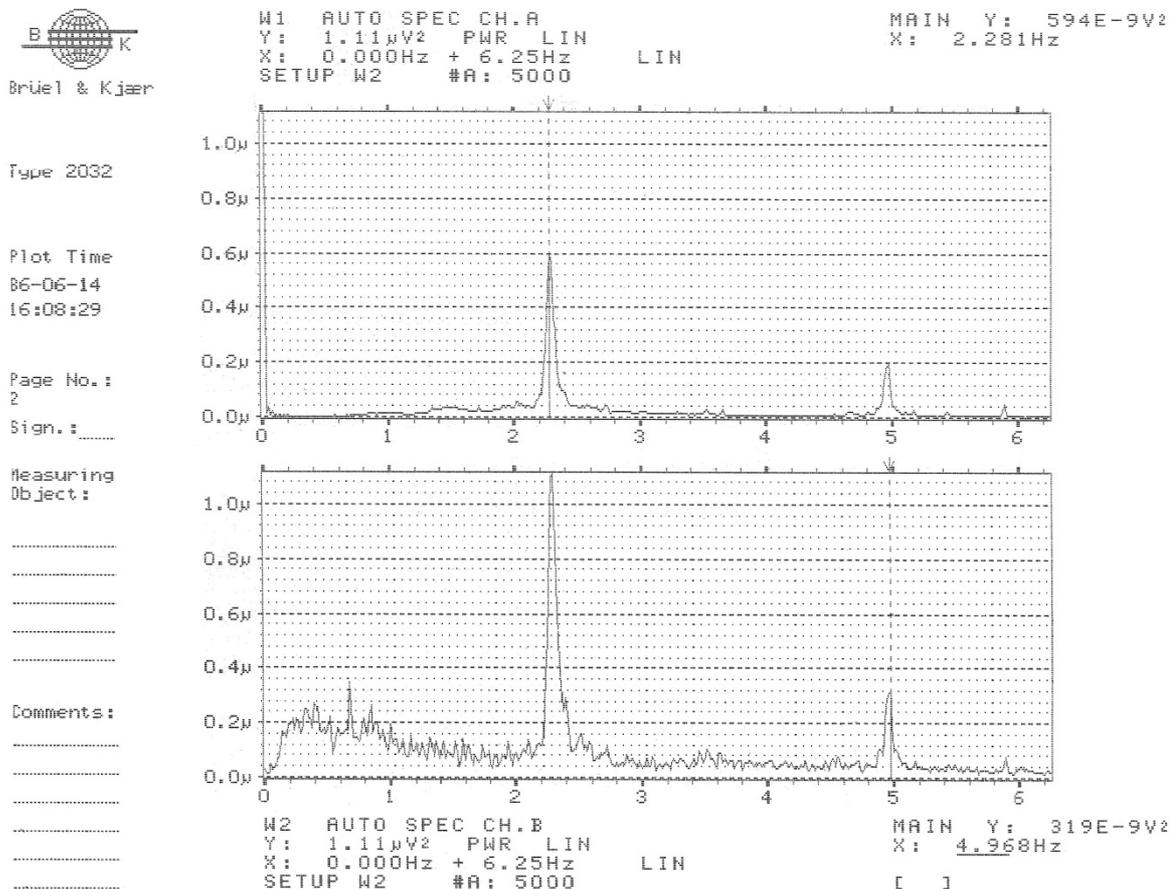


Figure A-82 : E280486-1655-23. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle linéaire.

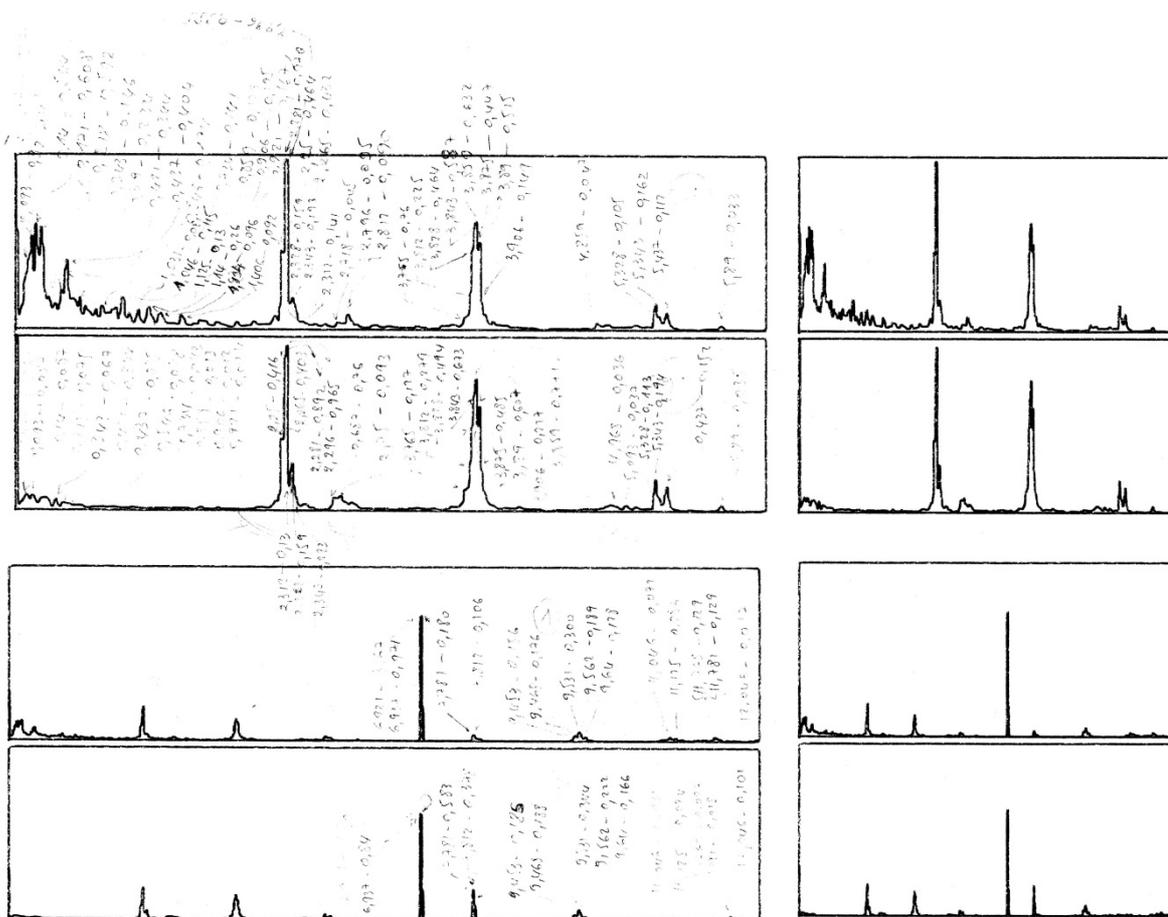


Figure A-83 : E280486-1655-t1

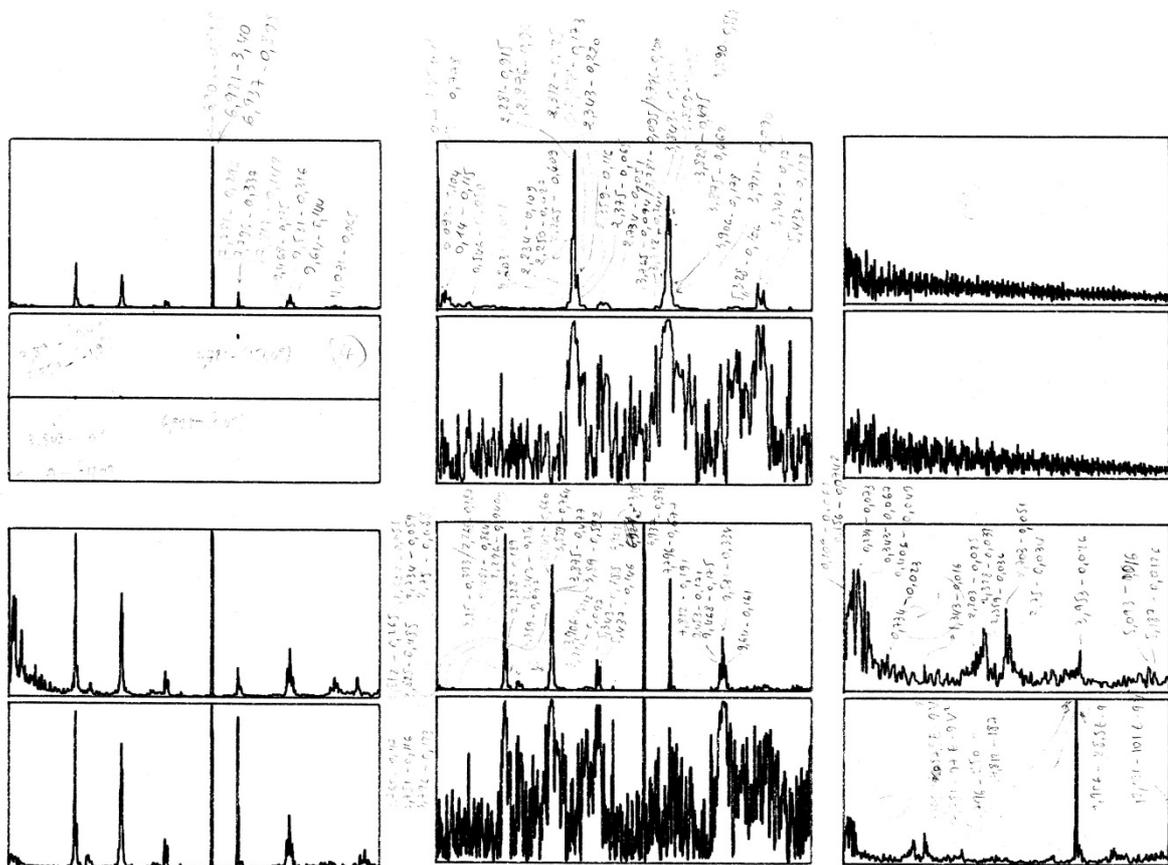


Figure A-84 : E280486-1655-t2

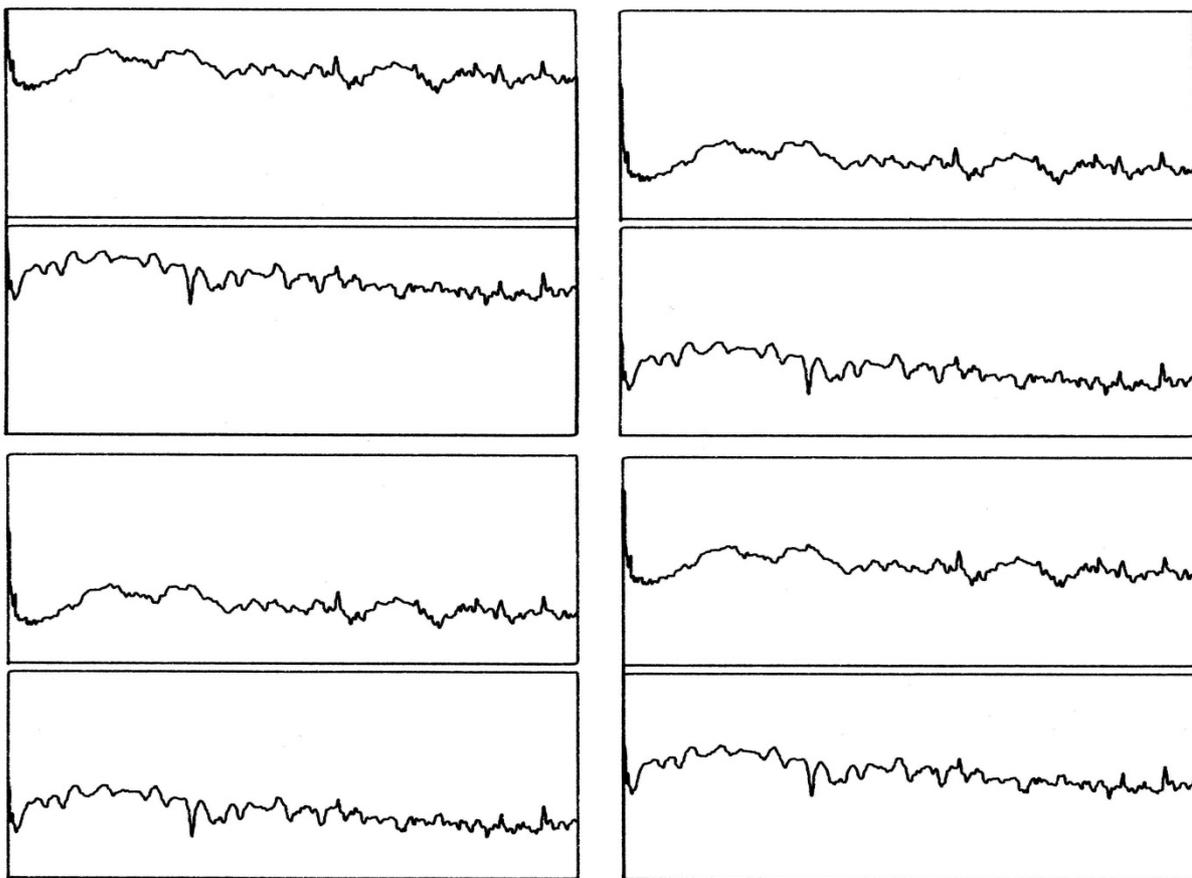


Figure A-85 : E280486-1655-t3

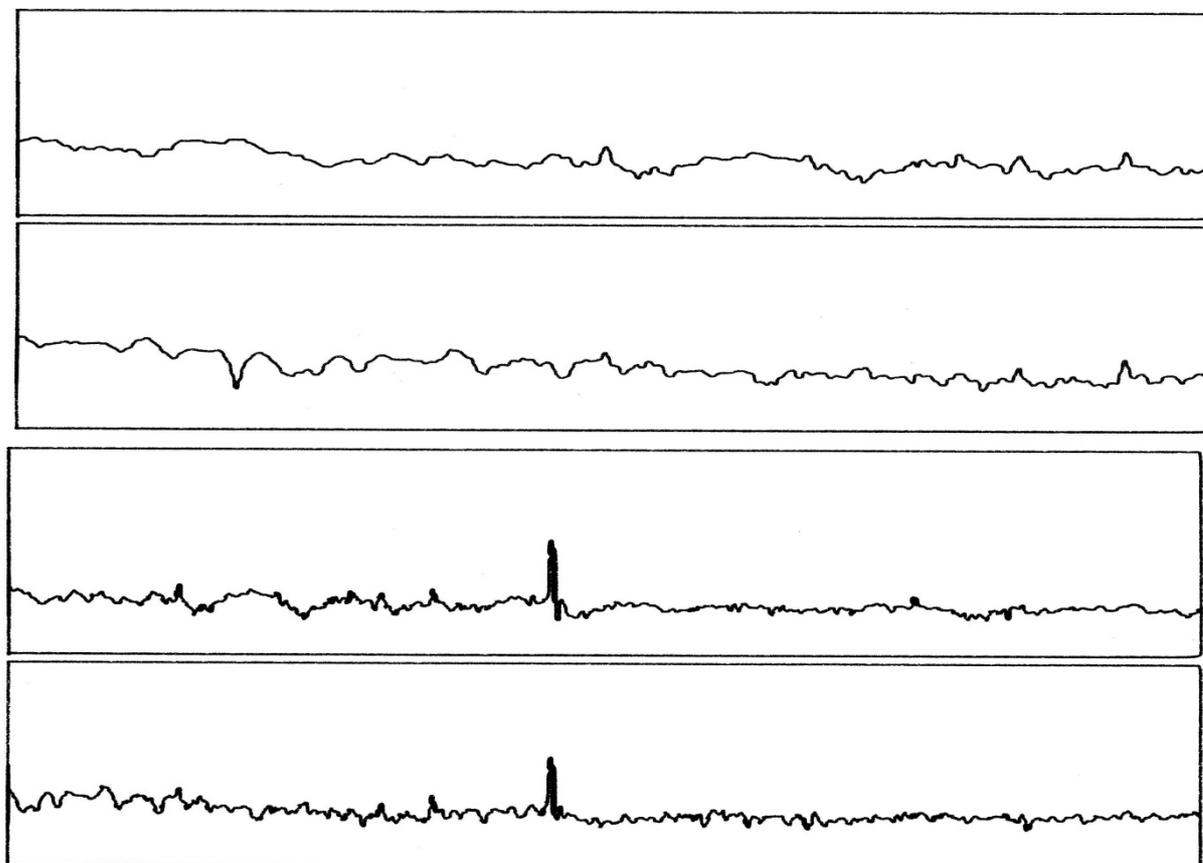


Figure A-86 : E280486-1655-t4

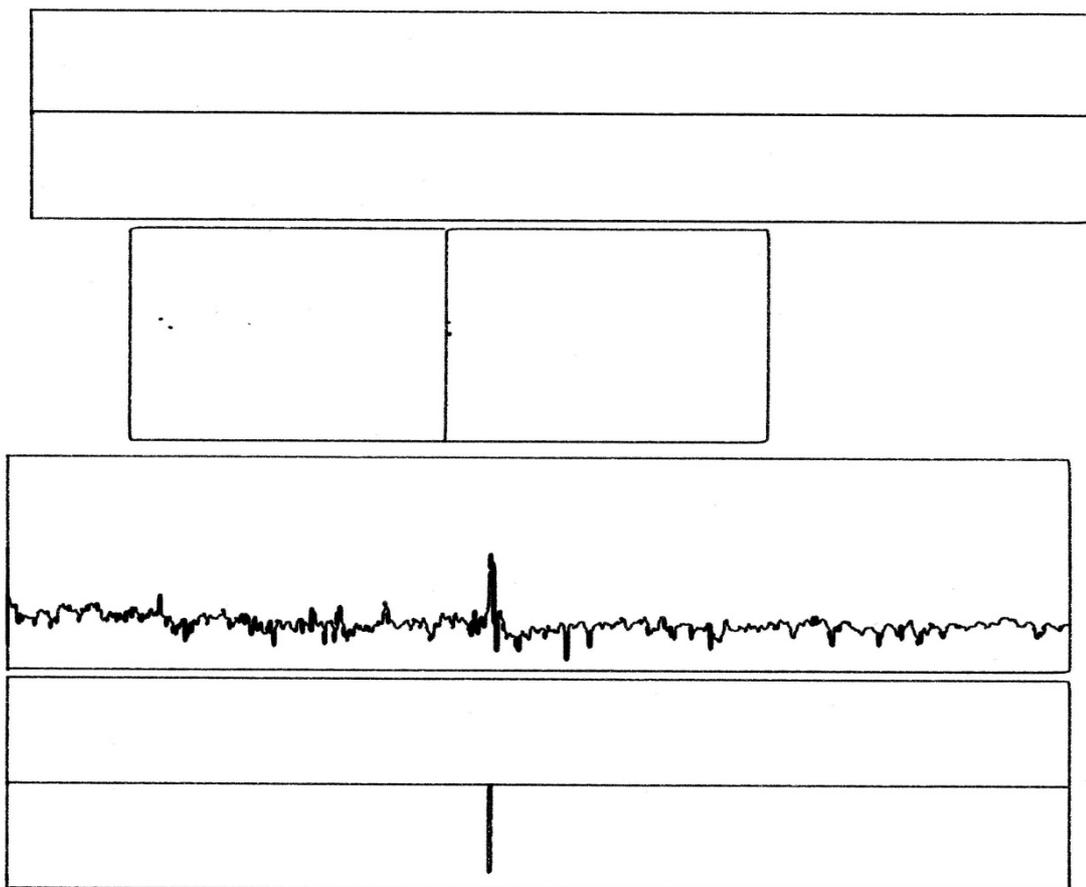


Figure A-87 : E280486-1655-t5

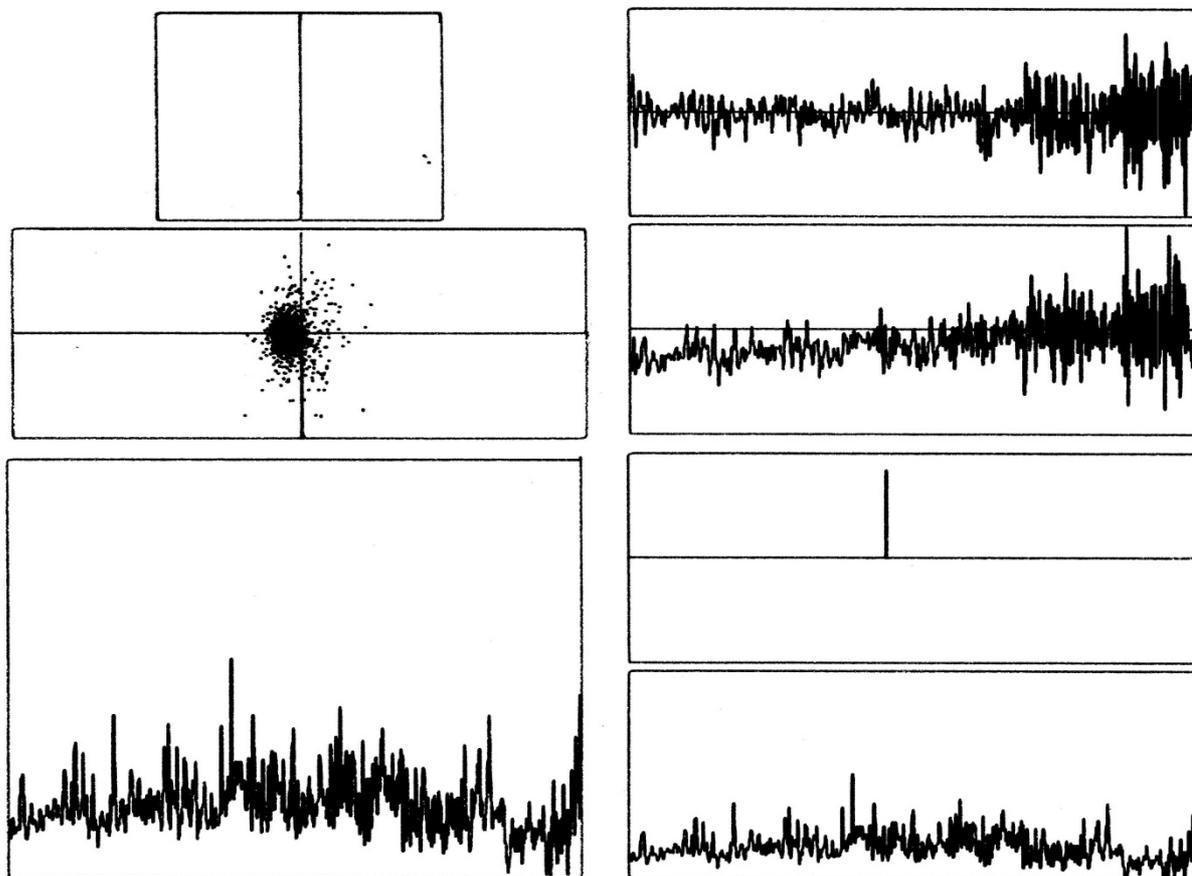


Figure A-88 : E280486-1655-t6

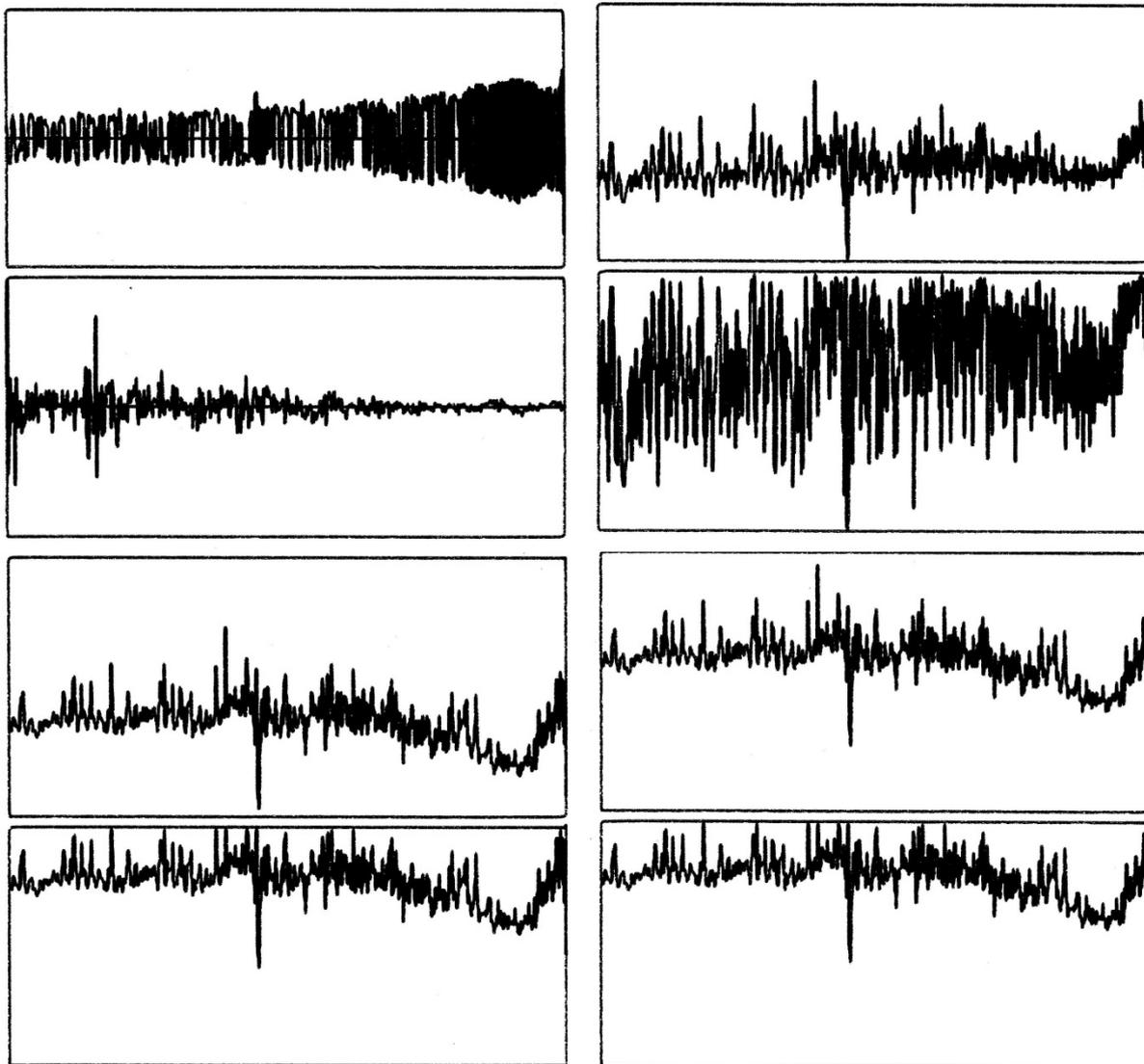


Figure A-89 : E280486-1655-t7

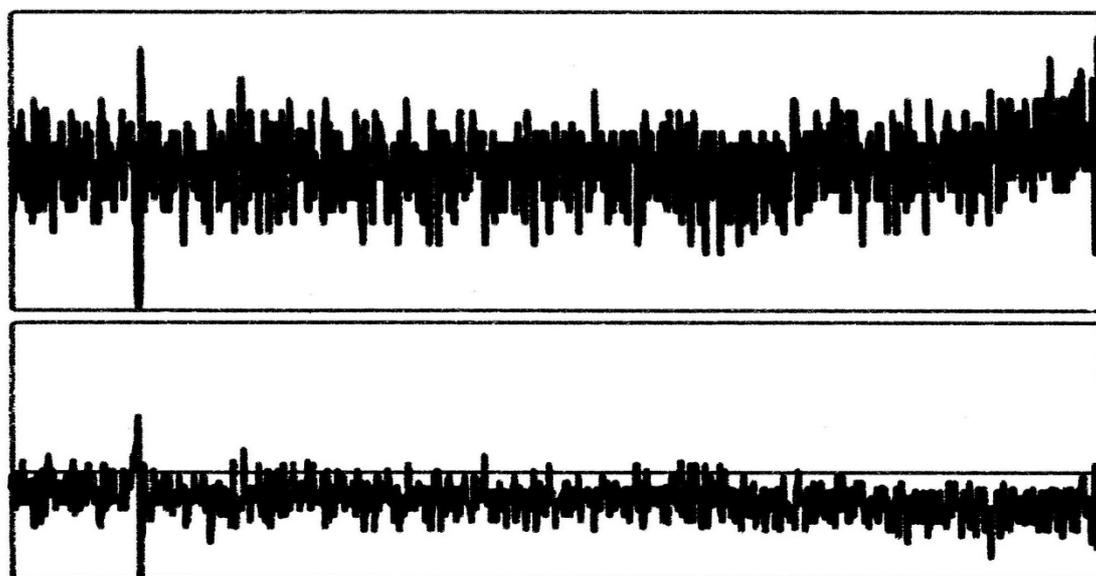


Figure A-90 : E280486-1655-t8

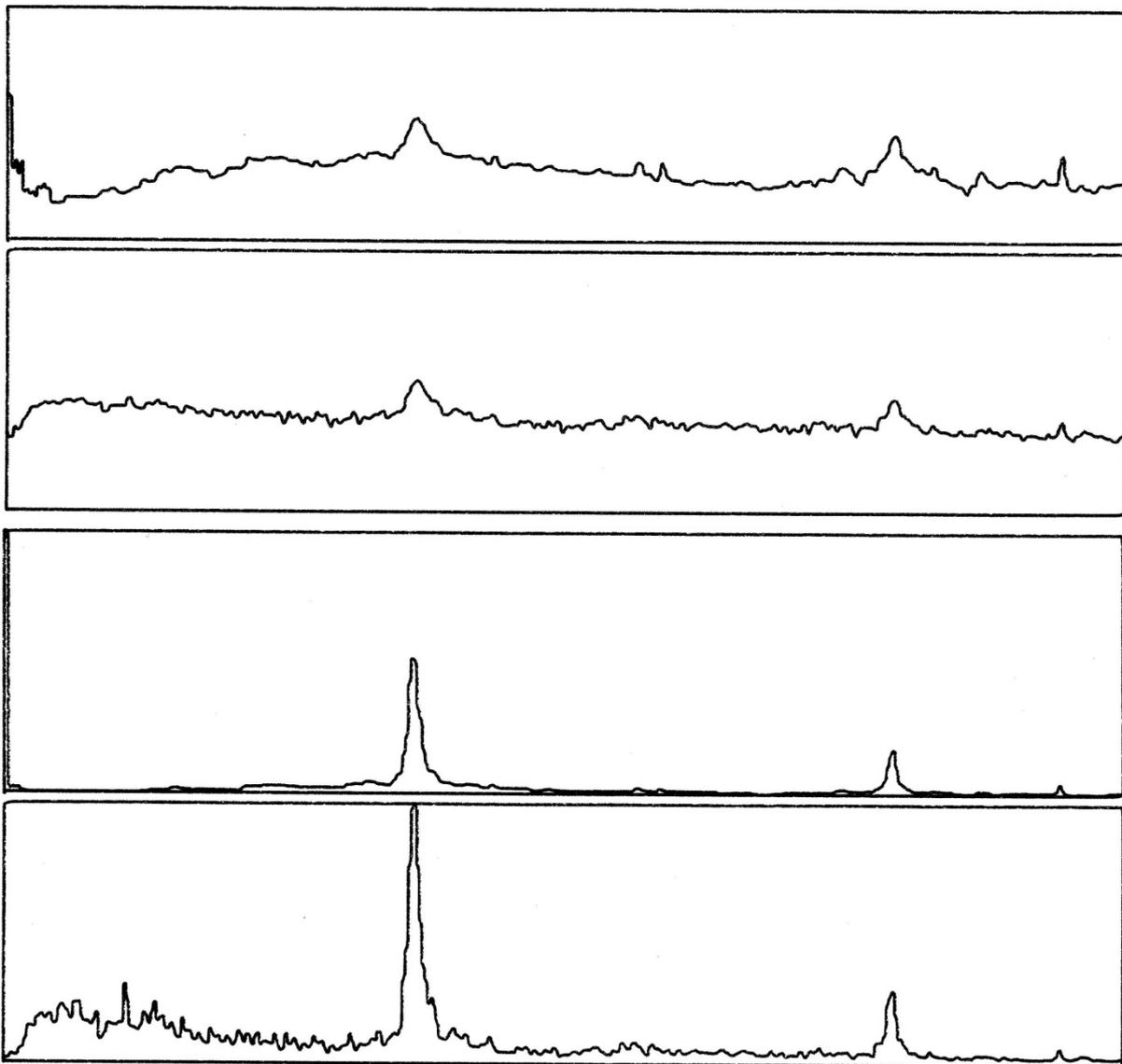


Figure A-91 : E280486-1655-t9

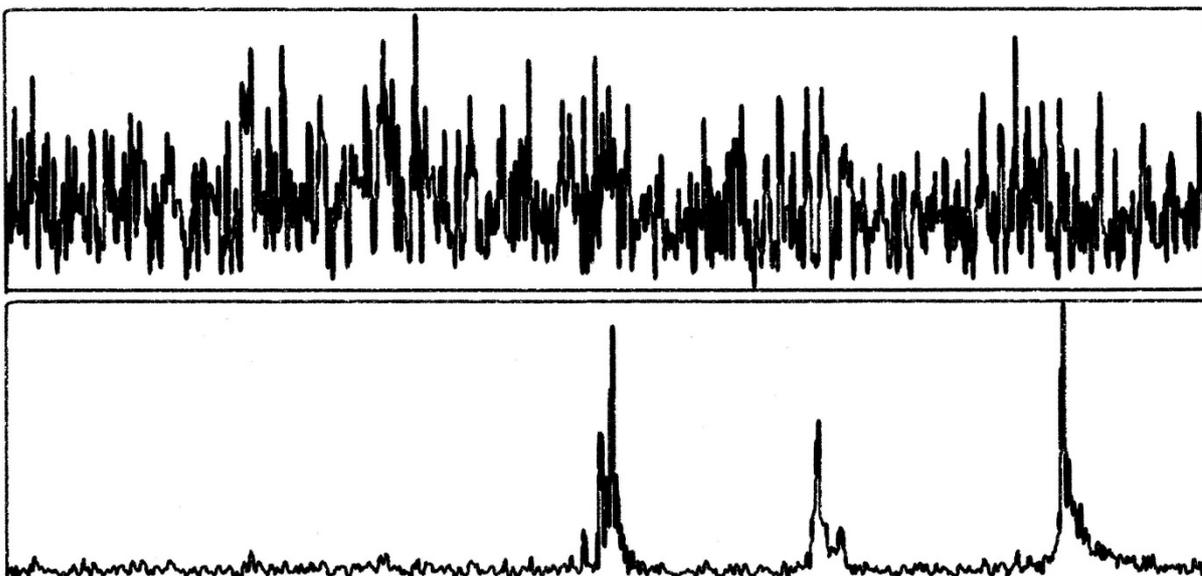


Figure A-92 : E280486-1655-t10

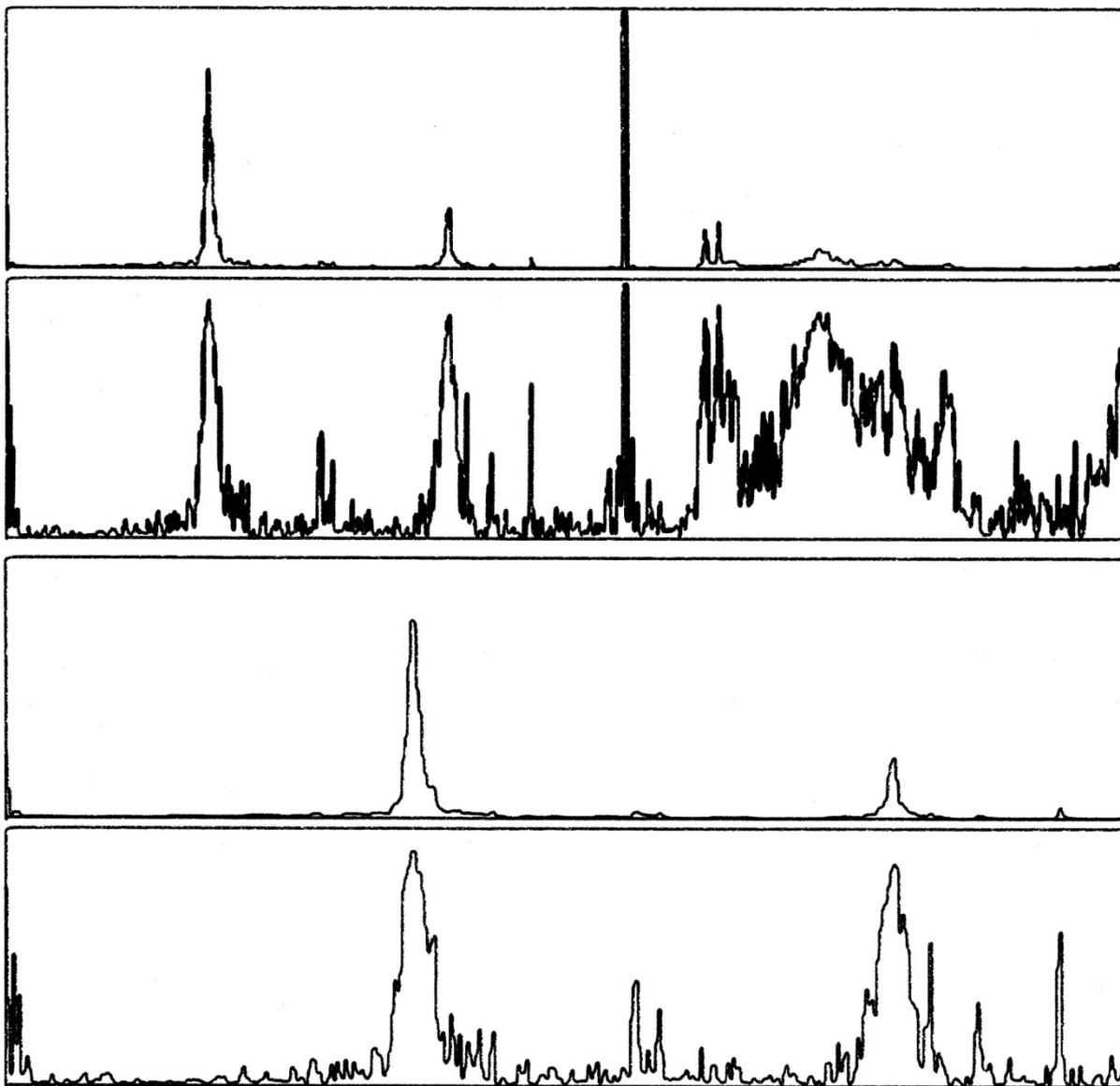


Figure A-93 : E280486-1655-t11

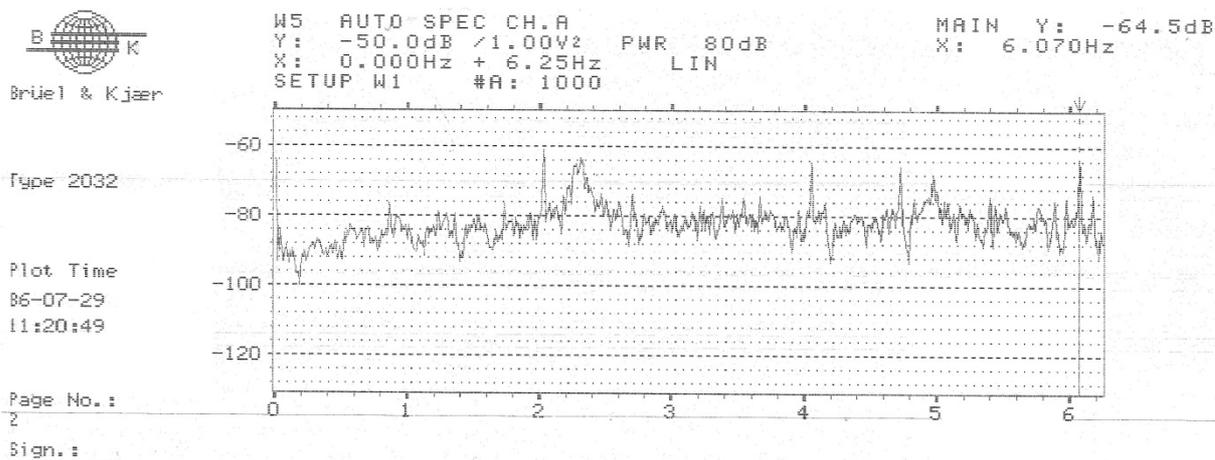


Figure A-94 : E280486-1724-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.

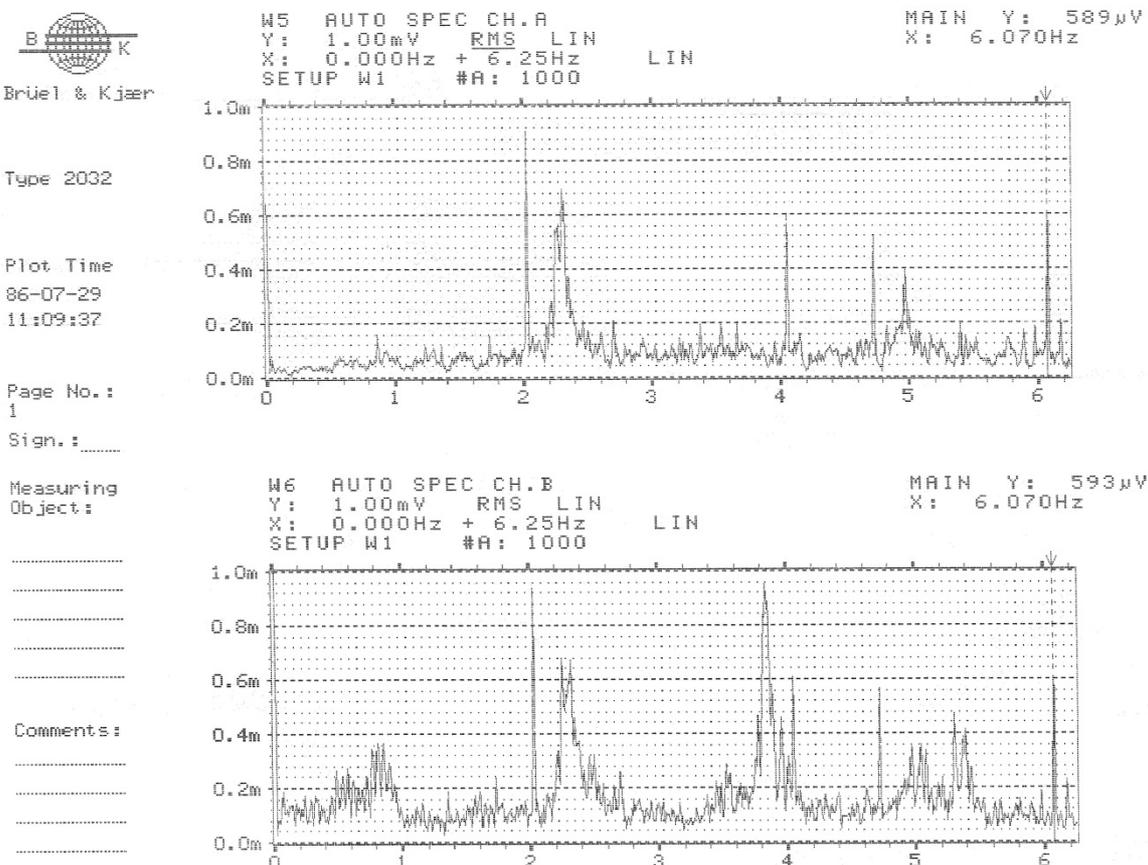


Figure A-95 : E280486-1724-2. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle linéaire.

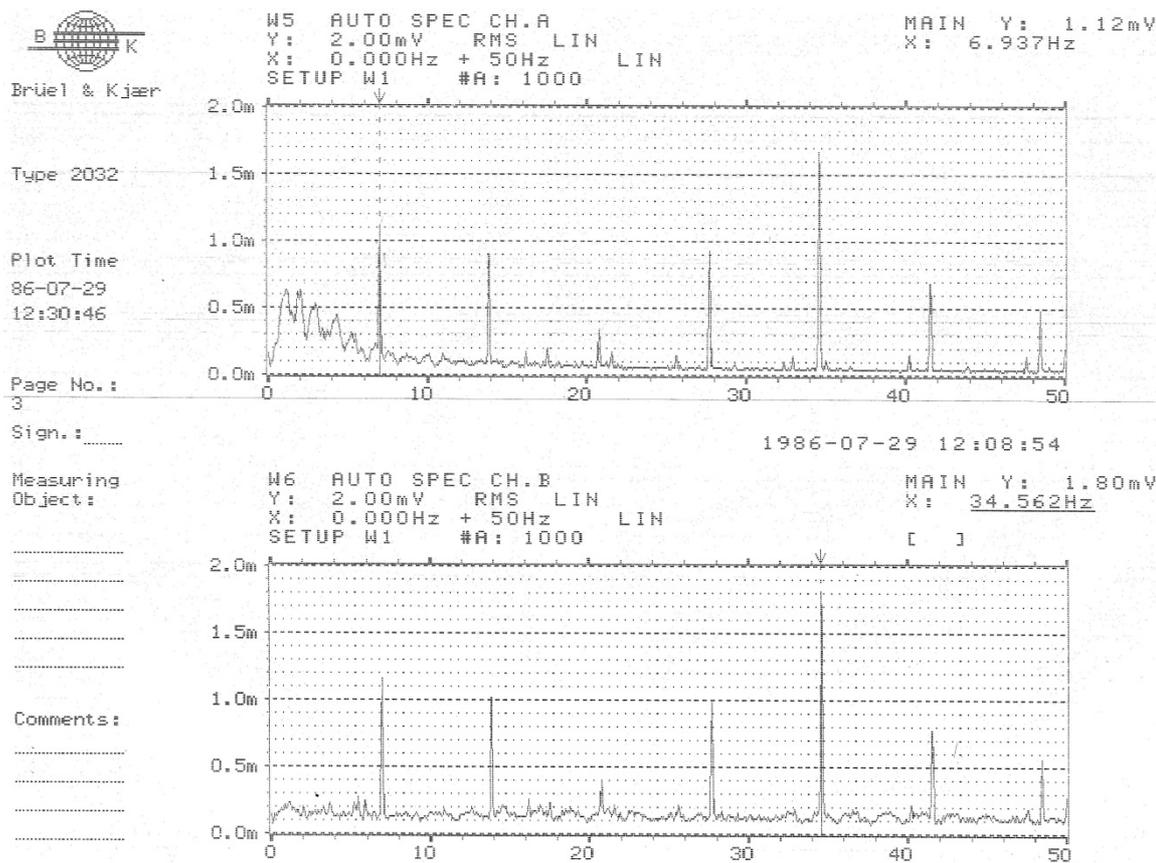


Figure A-96 : E280486-1724-3. Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle linéaire.

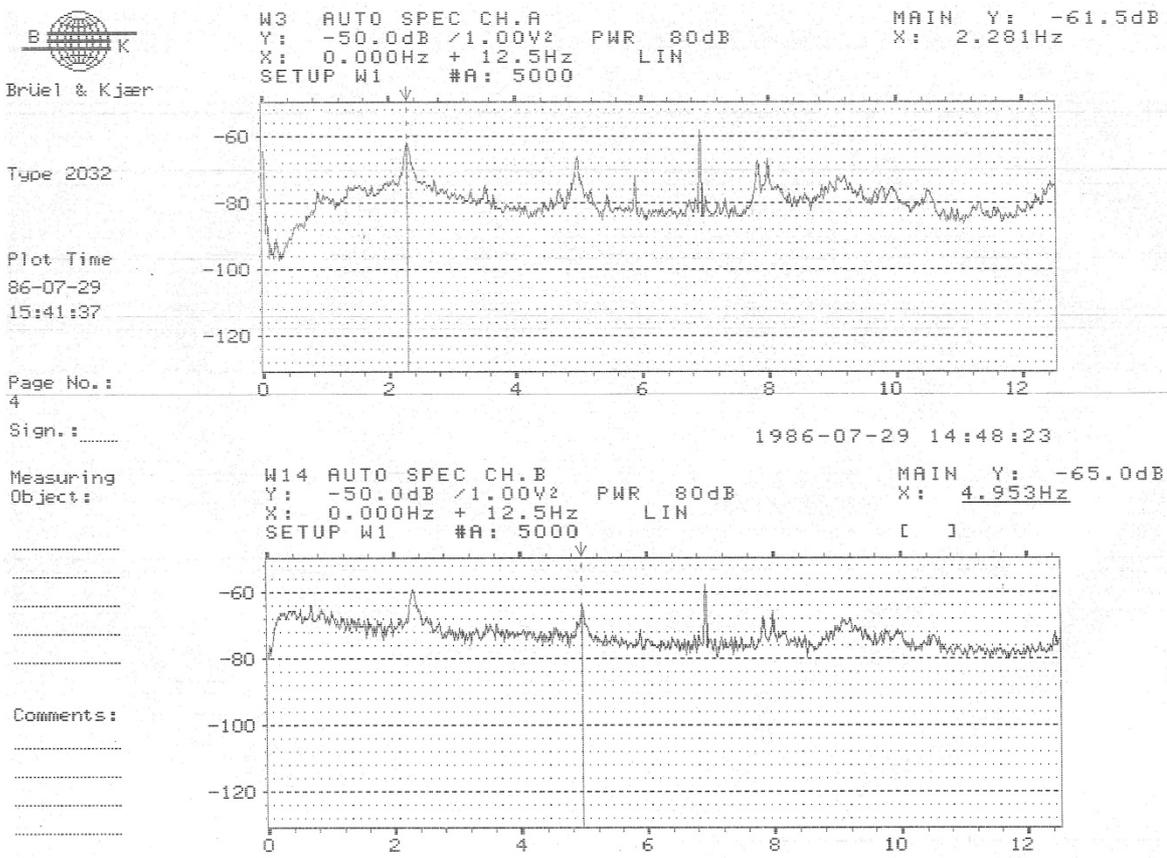


Figure A-97 : E280486-1724-4. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.

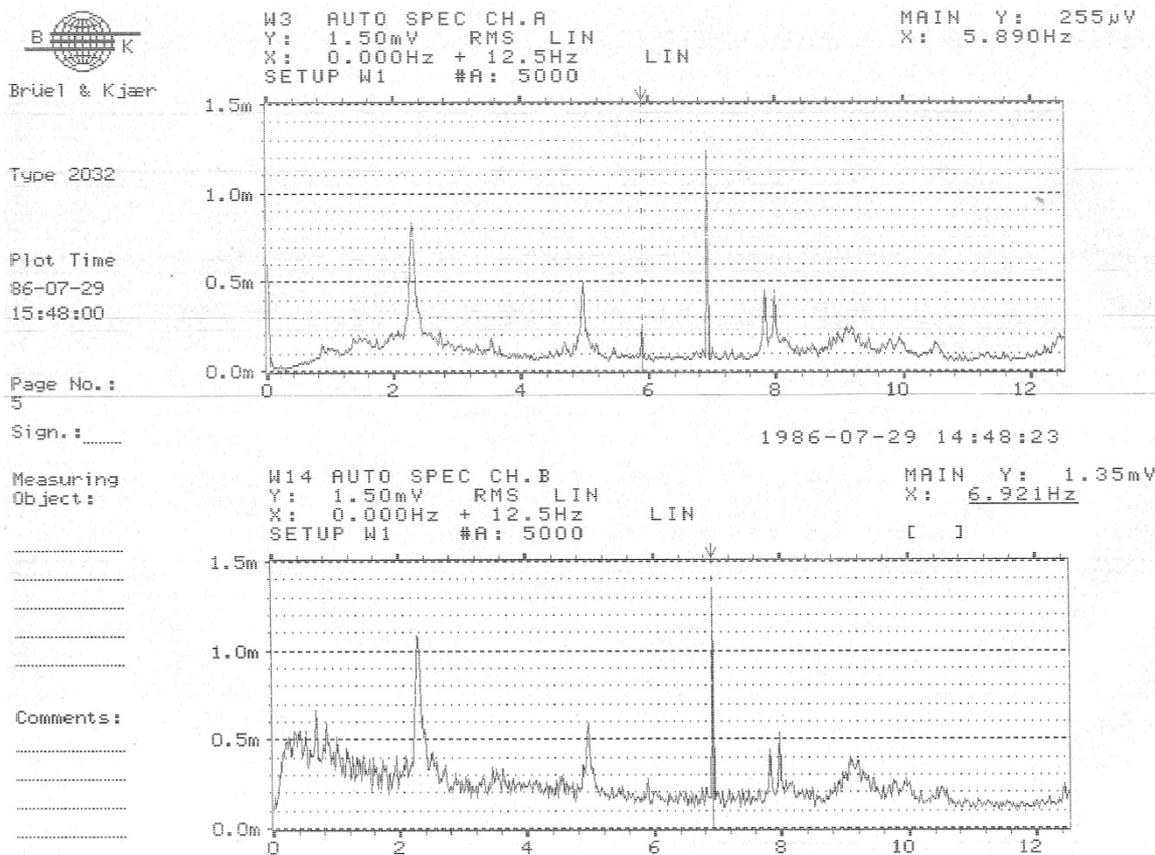


Figure A-98 : E280486-1724-5.Spectres fréquentiels en RMS des entrées A et B en échelle linéaire.

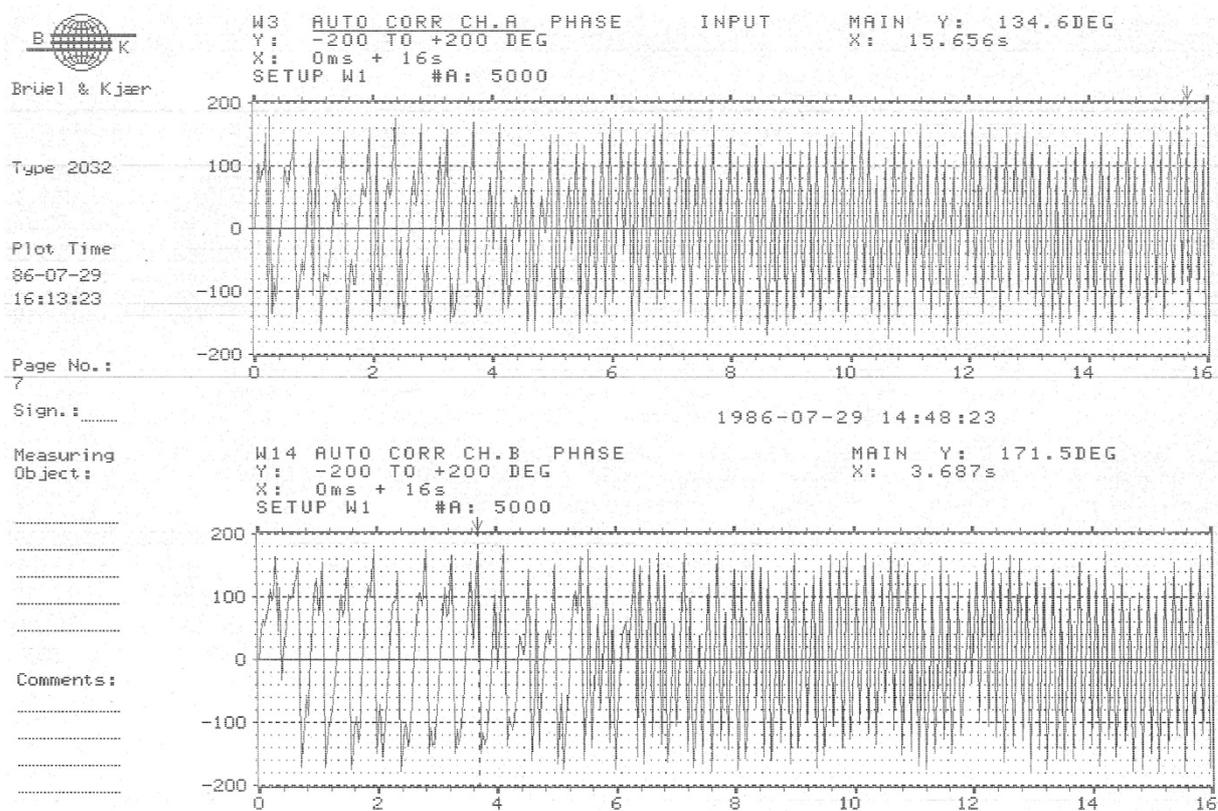


Figure A-99 : E280486-1724-6. Phases des fonctions d'autocorrélation des entrées A et B.

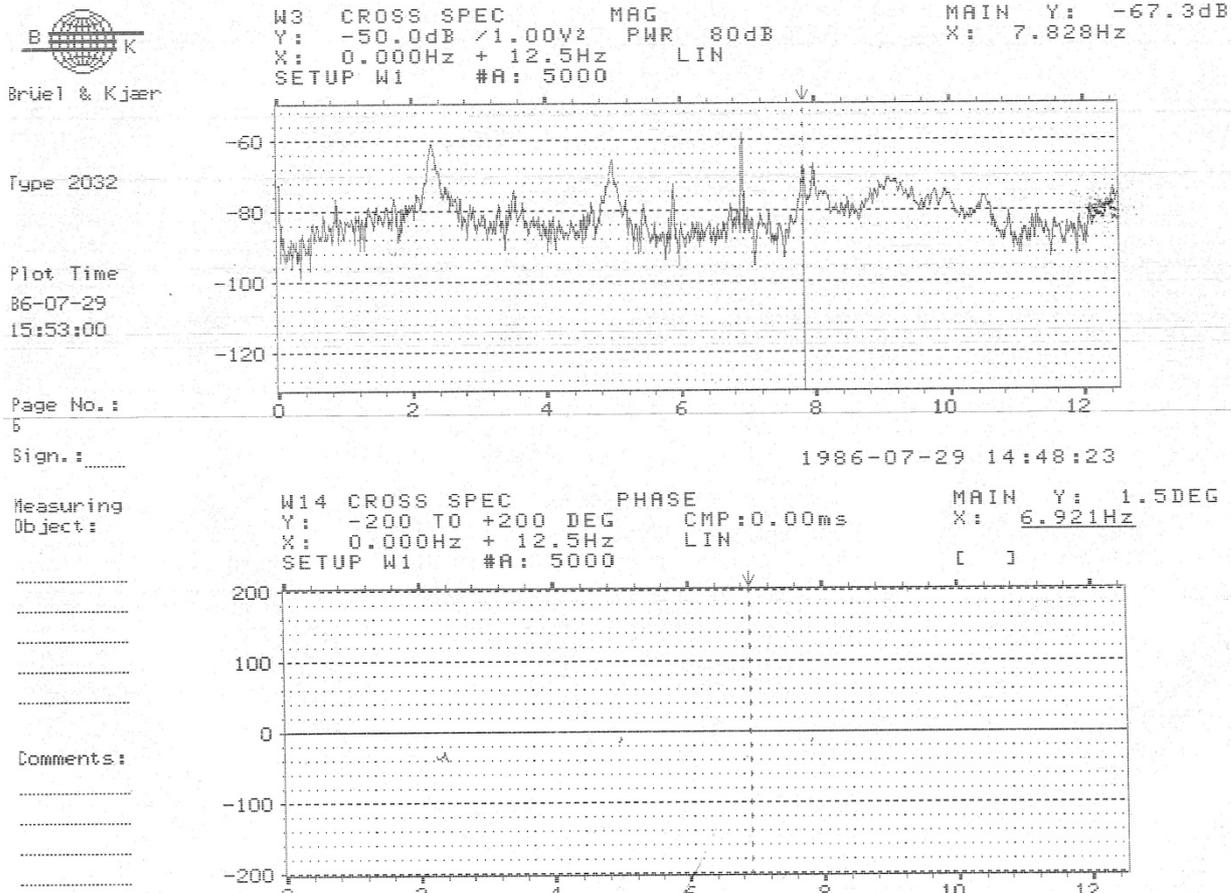


Figure A-100 : E280486-1724-7. Amplitude et phase du spectre croisé.

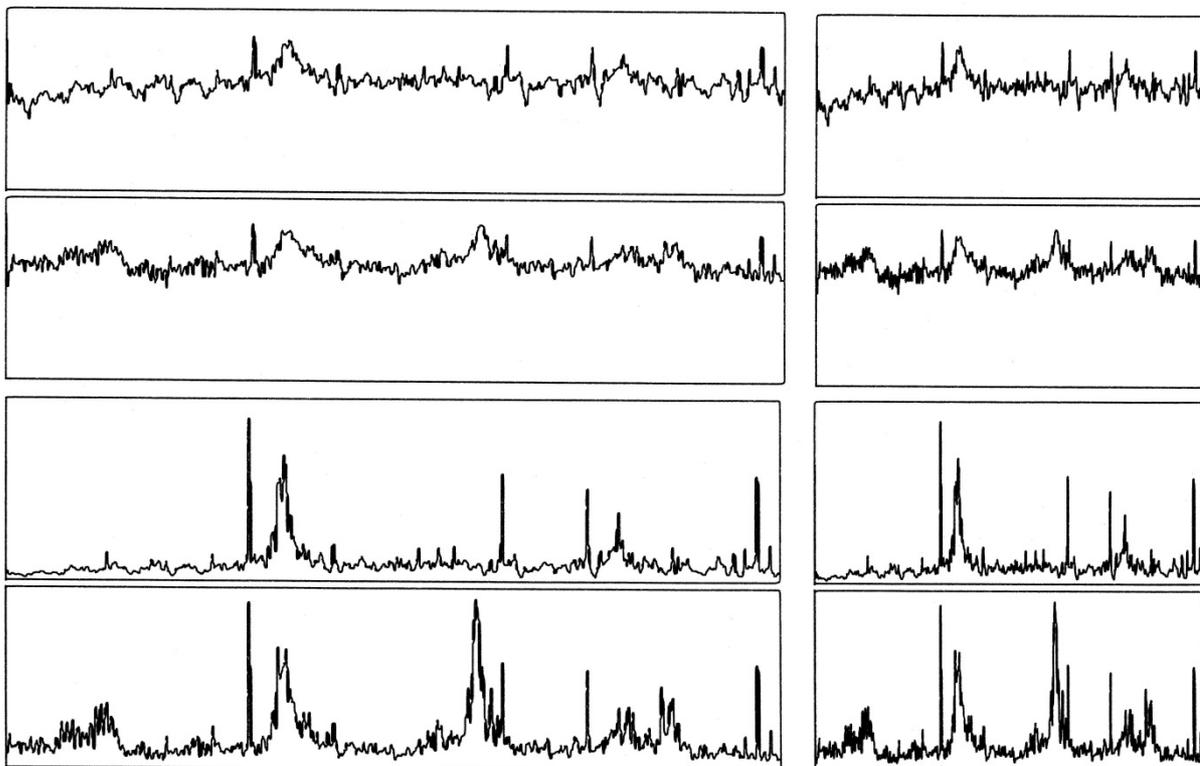


Figure A-101 : E280486-1724-t1

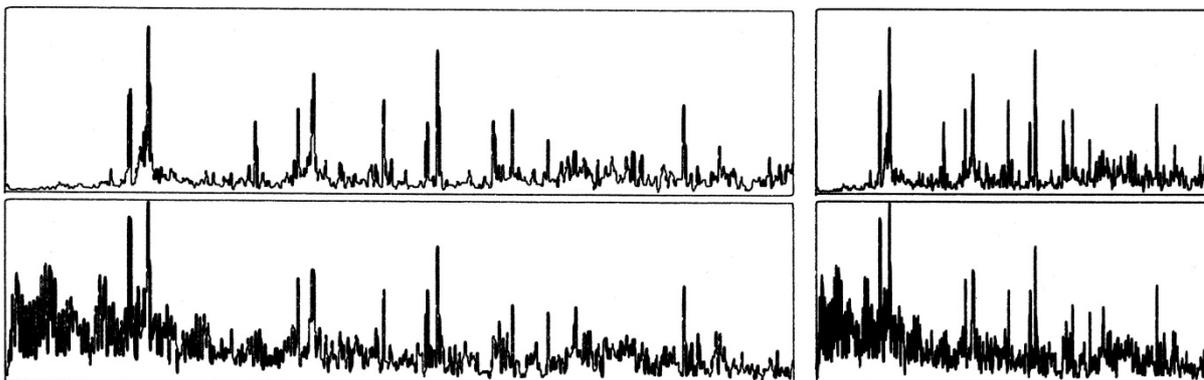


Figure A-102 : E280486-1724-t2

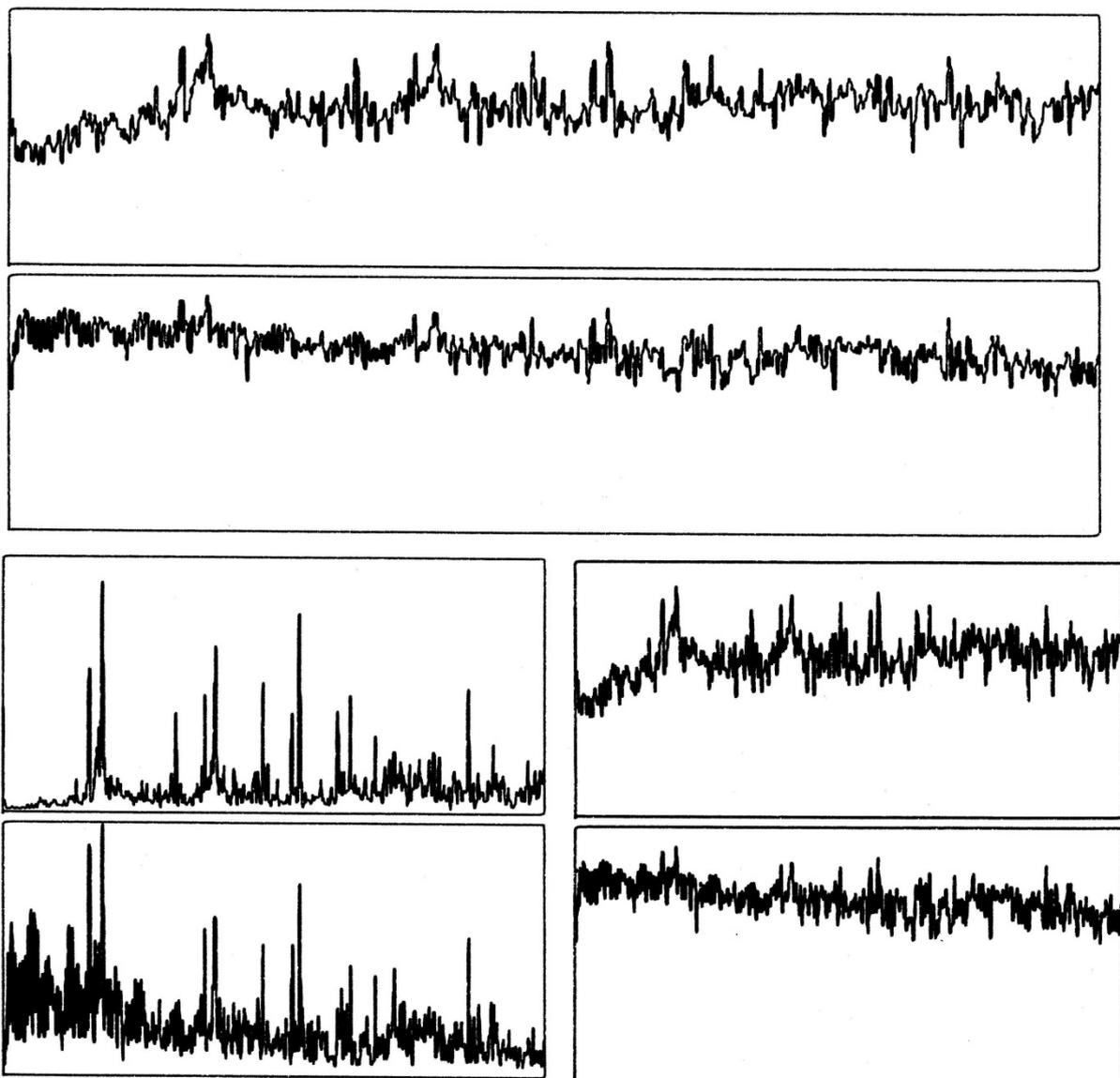


Figure A-103 : E280486-1724-t3

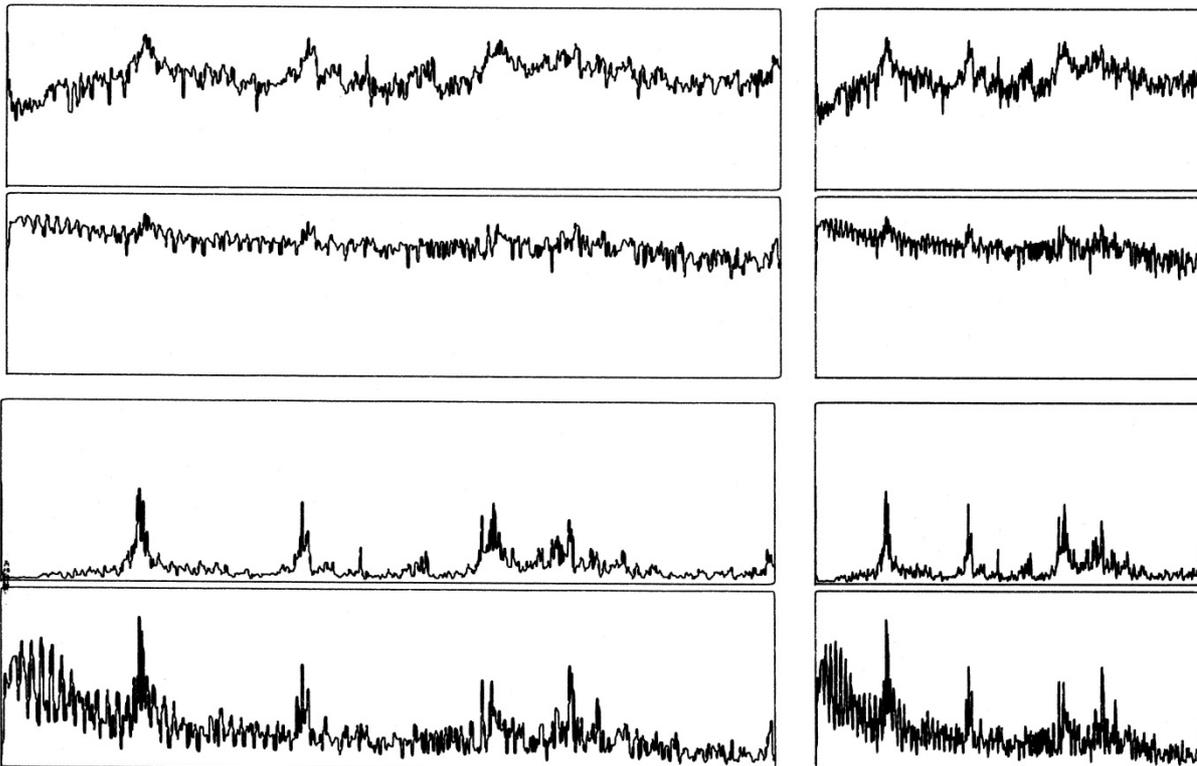


Figure A-104 : E280486-1724-t4

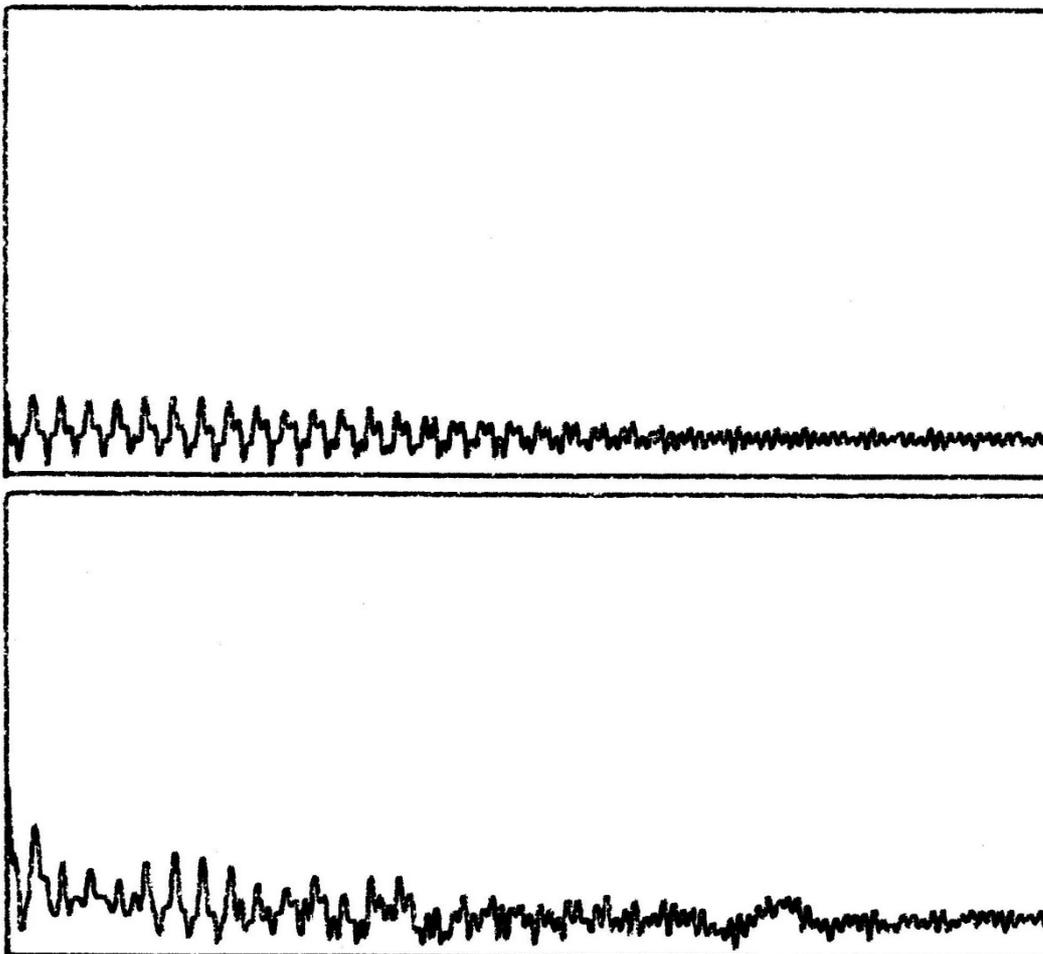


Figure A-105 : E280486-1724-t5

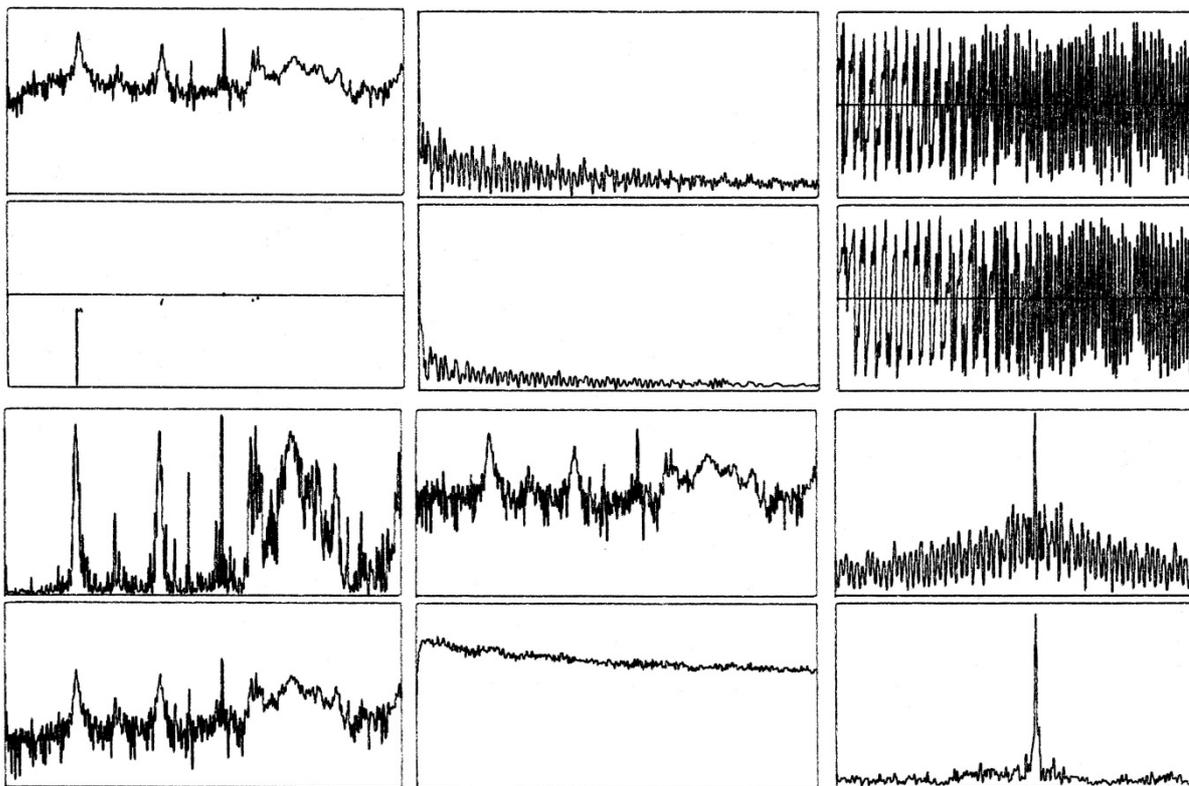


Figure A-106 : E280486-1724-t6

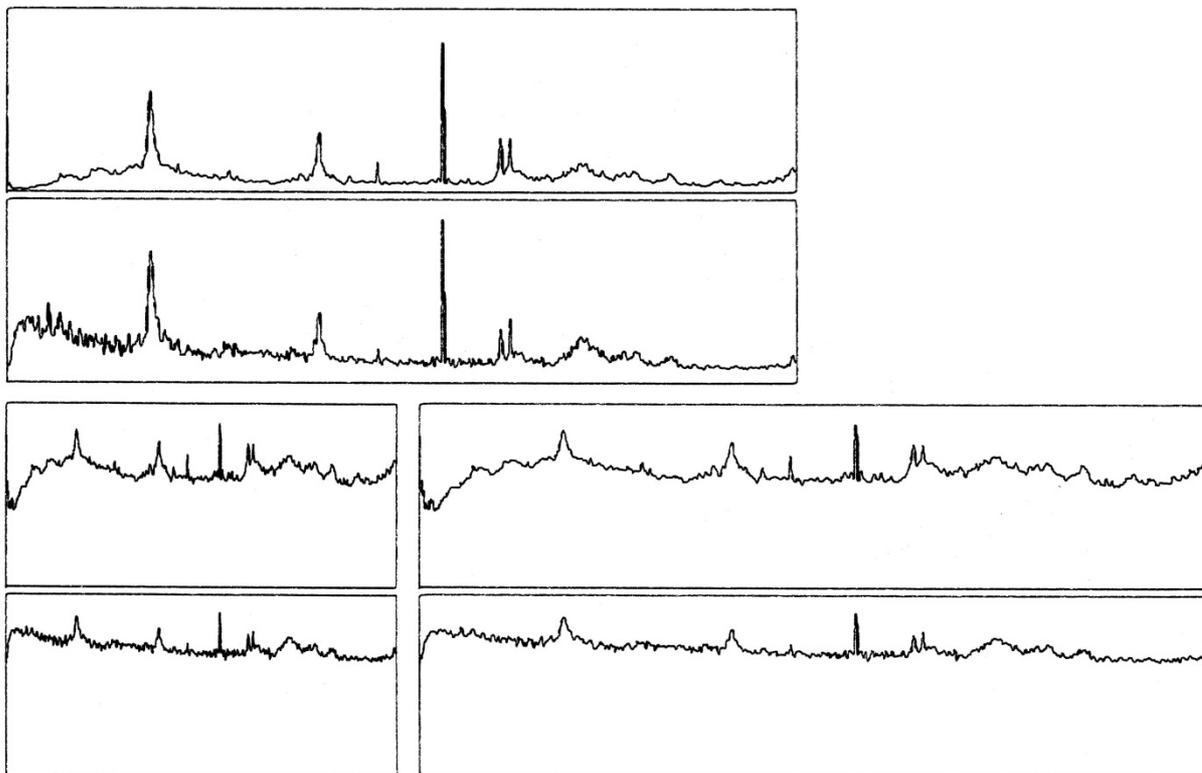


Figure A-107 : E280486-1724-t7

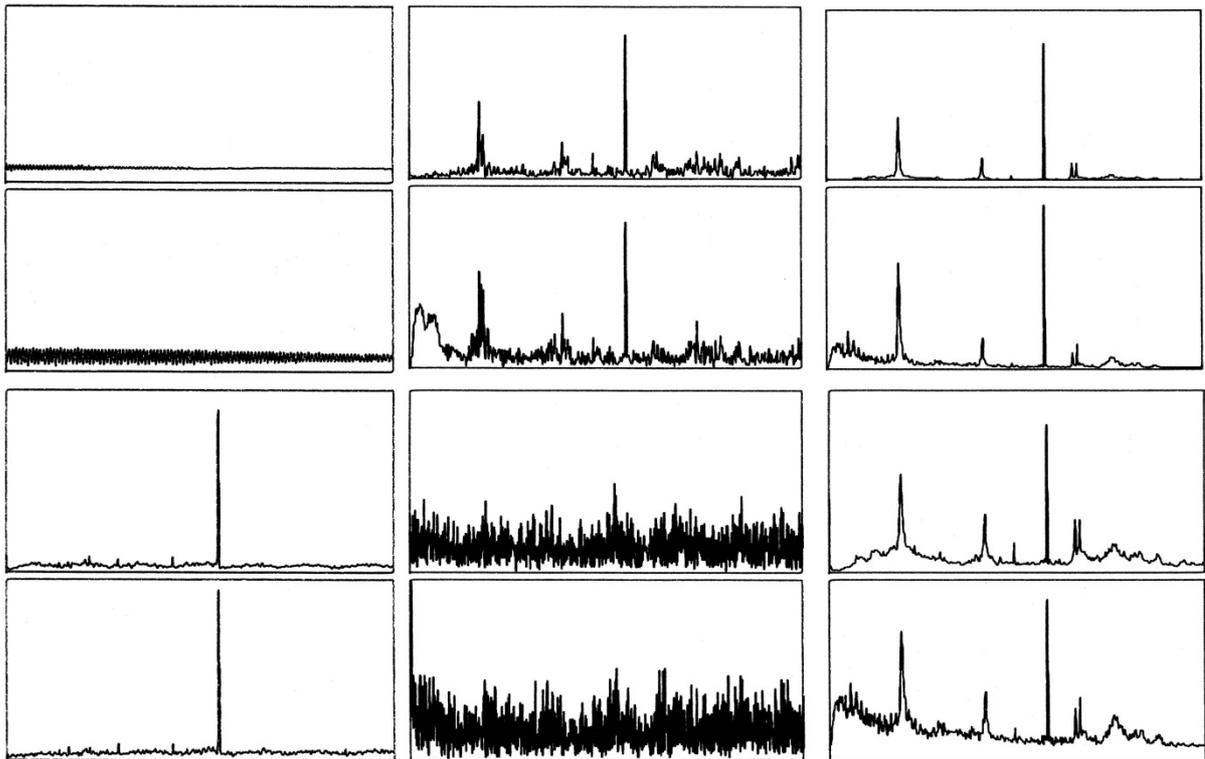


Figure A-108 : E280486-1724-t8

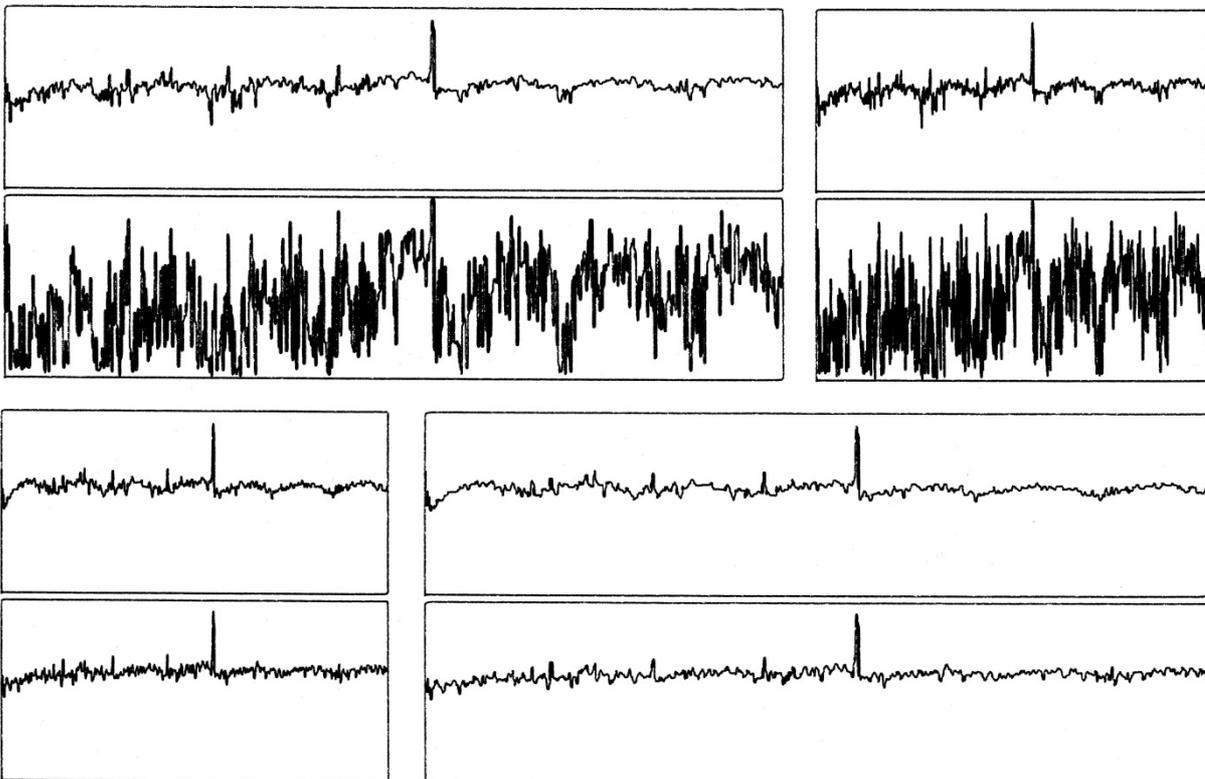


Figure A-109 : E280486-1724-t9

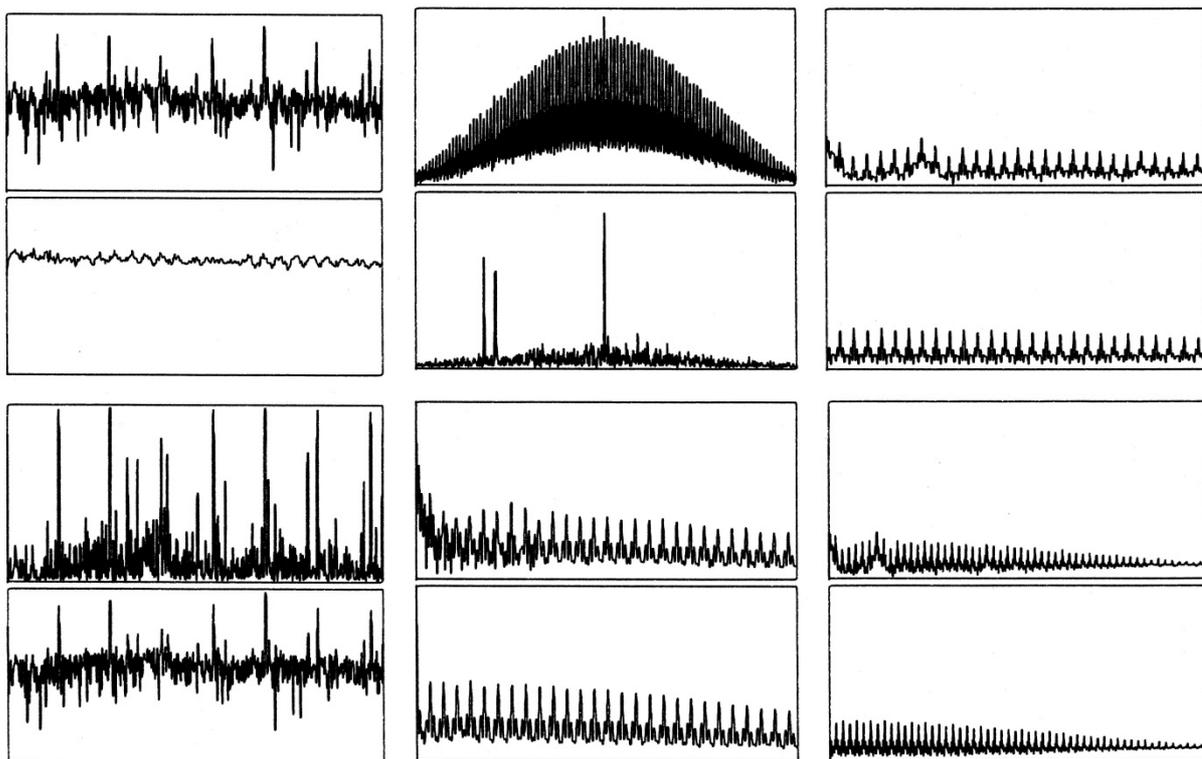


Figure A-110 : E280486-1724-t10

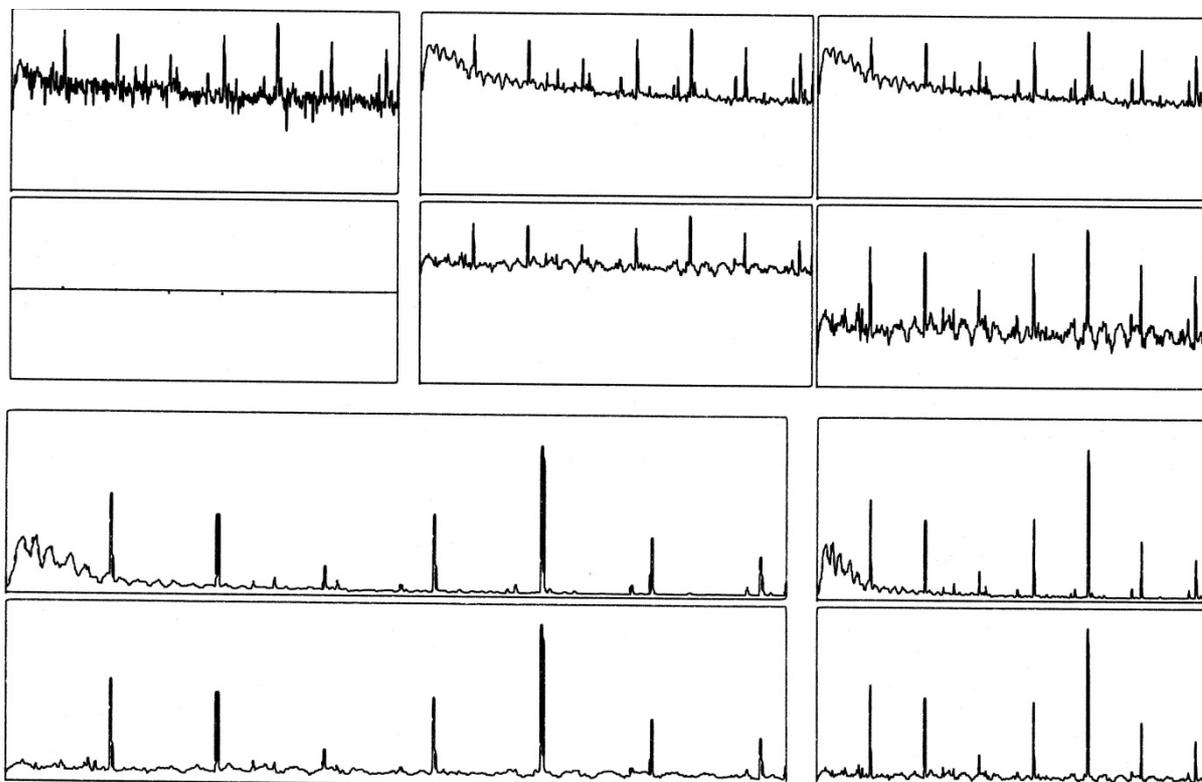


Figure A-111 : E280486-1724-t11

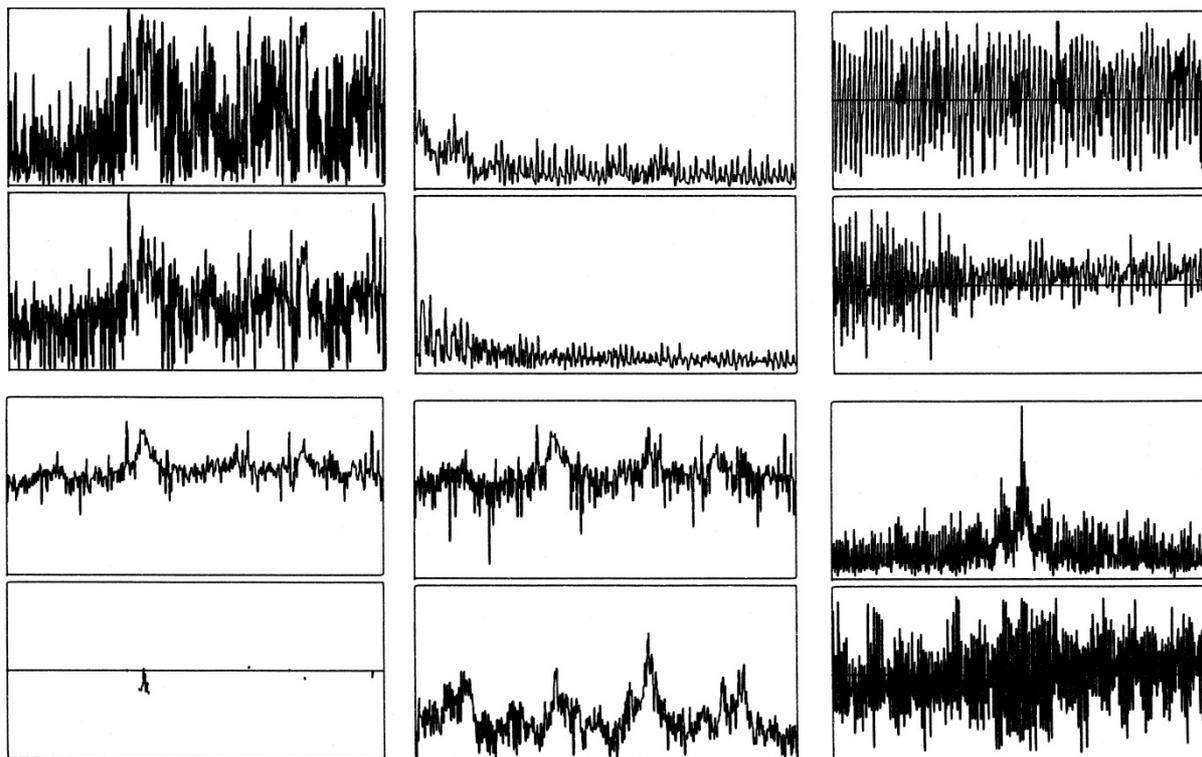
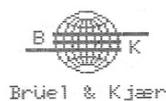


Figure A-112 : E280486-1724-t12



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-07-02
10:29:12

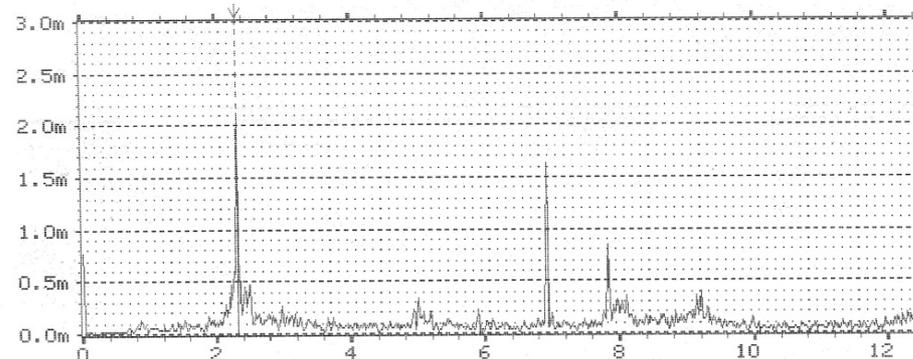
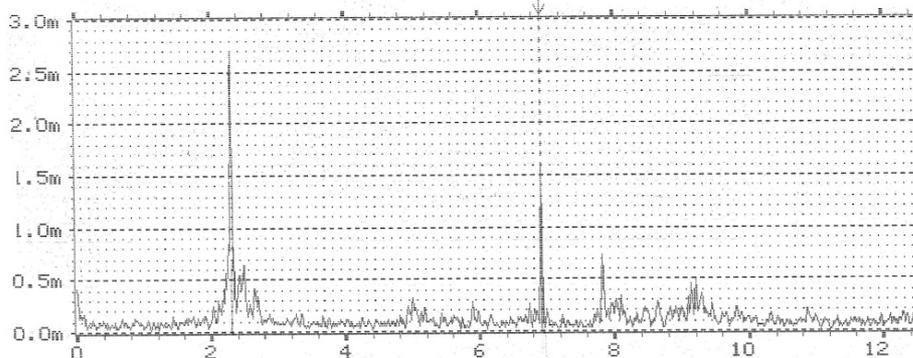
Page No.:
4
Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W2 AUTO SPEC CH.A
Y: 3.00mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP 1 #A: 200

MAIN Y: 1.60mV
X: 6.921Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 3.00mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP 1 #A: 200

MAIN Y: 2.08mV
X: 2.312Hz

Figure A-113 : E300486-0955-1. Spectres fréquentiels RMS des entrées A et B en échelle linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

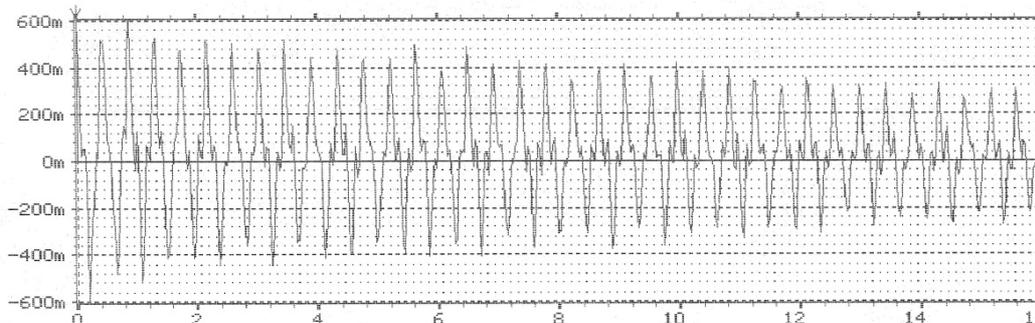
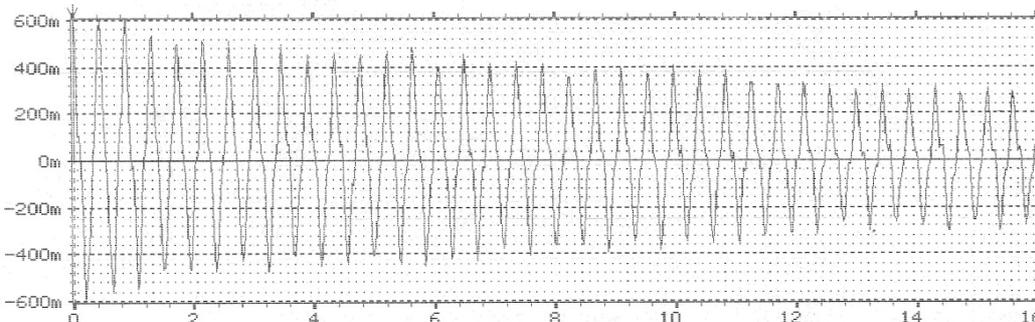
Plot Time
86-07-02
10:34:26

Page No.:
2
Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W2 AUTO CORR CH.A REAL INPUT MAIN Y: 1.00
Y: 600m X: 0ms
X: 0ms + 16s
SETUP 1 #A: 200



W2 AUTO CORR CH.B REAL
Y: 600m X: 0ms
X: 0ms + 16s
SETUP 1 #A: 200

MAIN Y: 1.00
X: 0ms

Figure A-114 : E300486-0955-2. Parties réelles de l'autocorrélation des signaux aux entrées A et B.

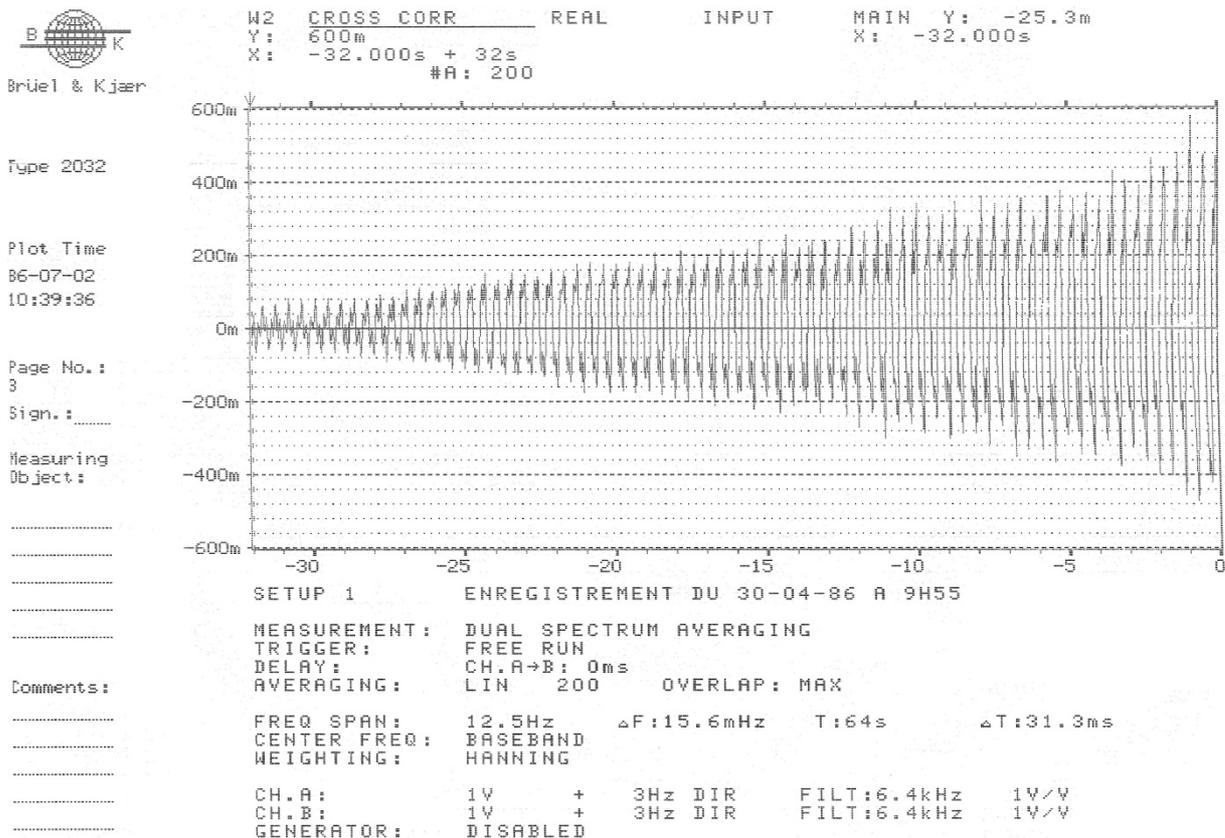


Figure A-115 : E300486-0955-3. Corrélation croisée des signaux des entrées A et B.

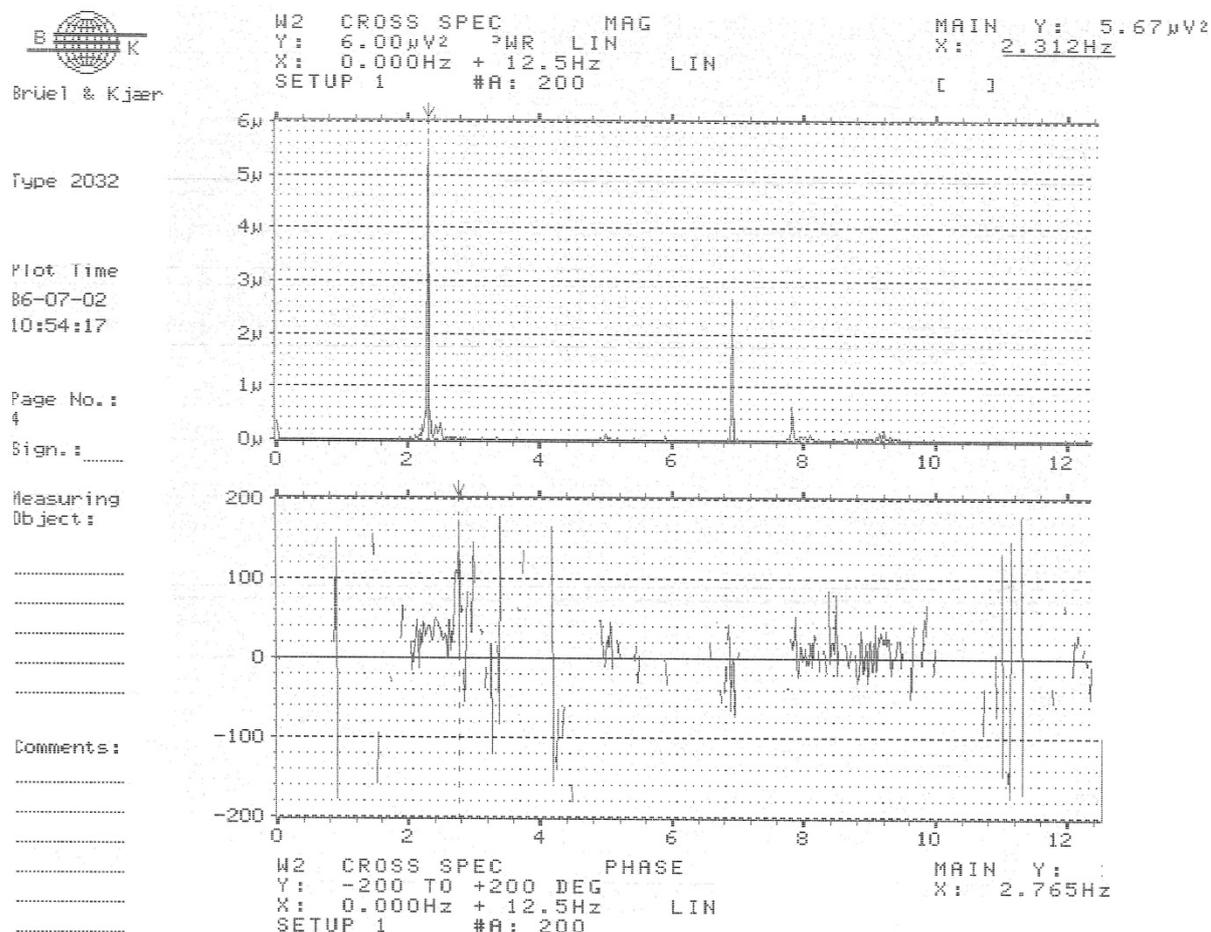


Figure A-116 : E300486-0955-4. Amplitude et phase du spectre croisée.



W2 COHERENCE
 Y: 1.00
 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
 SETUP 1 #A: 200
 MAIN Y: 996m
 X: 0.000Hz

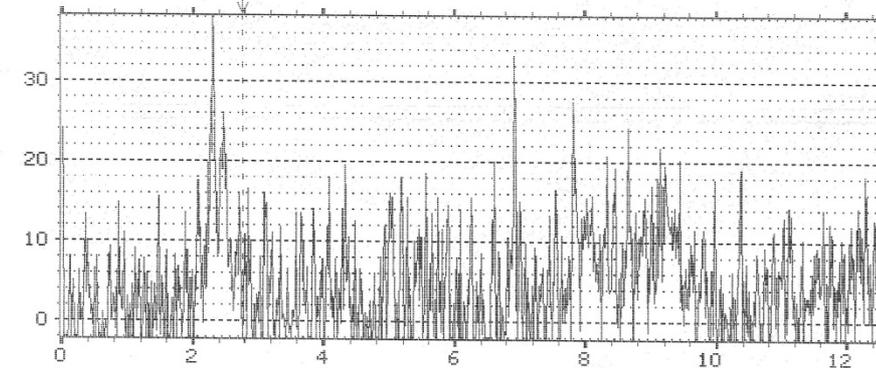
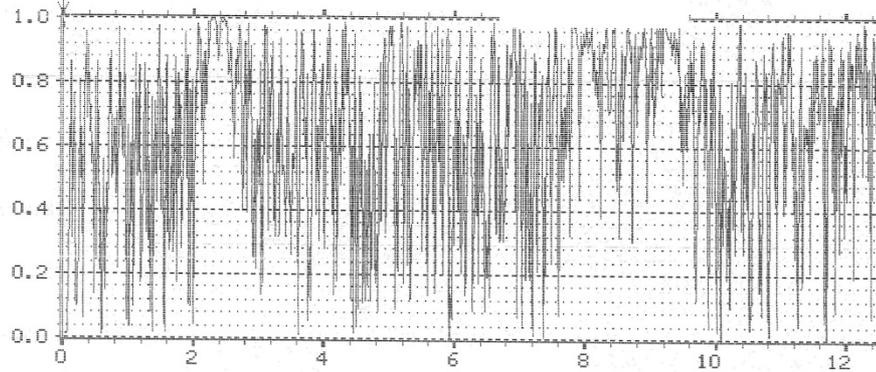
Type: ----

Plot Time
 86-07-02
 11:09:52

Page No.:
 5
 Sign.:

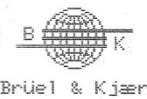
Measuring
 Object:

Comments:



W6 SIG/NOISE RATIO
 Y: 38.0dB 40dB
 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
 SETUP 1 #A: 200
 MAIN Y: -1.80
 X: 2.765Hz

Figure A-117 : E300486-0955-5. Cohérence et rapport signal / bruit.



W2 COHERENT POWER [] INPUT
 Y: 2.08mV RMS LIN
 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
 SETUP 1 #A: 200
 MAIN Y: 2.08mV
 X: 2.312Hz

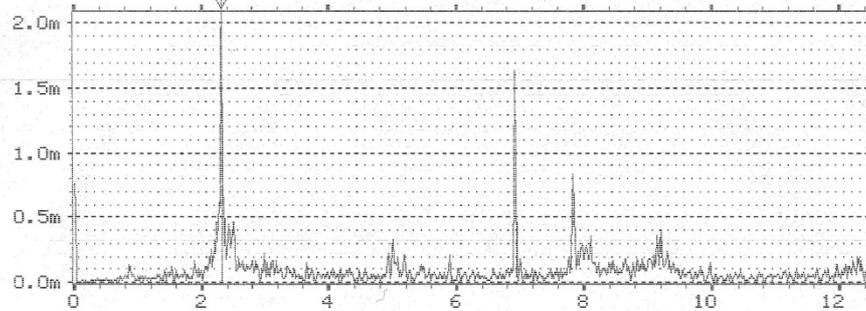
Type 2032

Plot Time
 86-07-02
 11:28:24

Page No.:
 7
 Sign.:

Measuring
 Object:

Comments:



ENREGISTREMENT DU 30-04-86 A 9H55

W6 NONCOHER POWER
 Y: 183µV RMS LIN
 X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
 SETUP 1 #A: 200
 MAIN Y: 182µV
 X: 2.968Hz

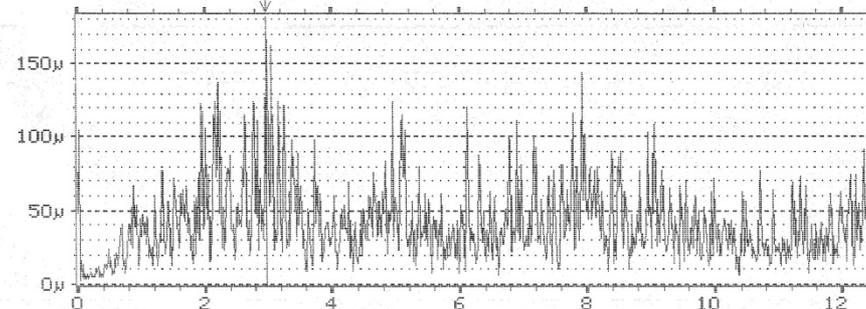


Figure A-118 : E300486-0955-6. Puissances de cohérence et de non cohérence en RMS, échelle linéaire.

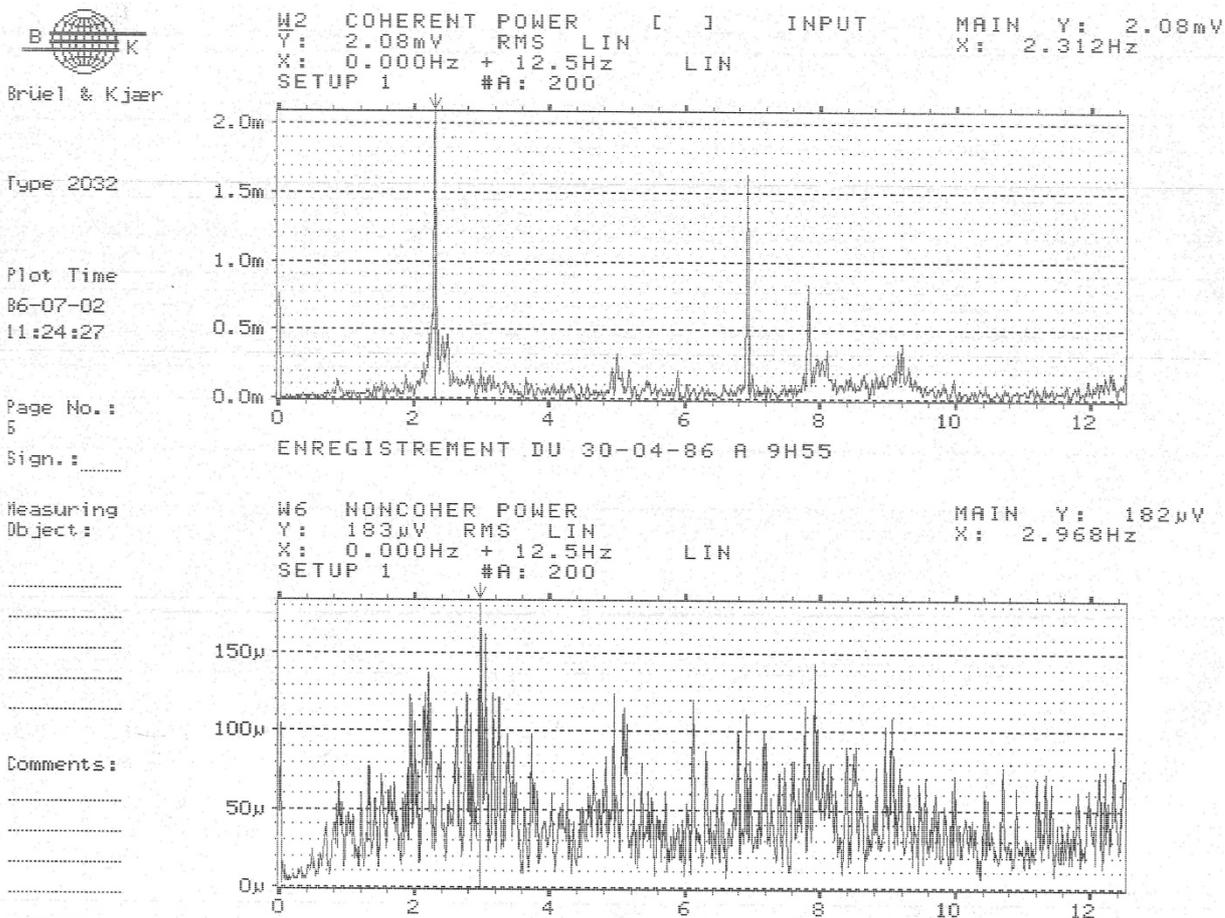


Figure A-119 : E300486-0955-7. Puissances de cohérence et de non cohérence en RMS, échelle linéaire.

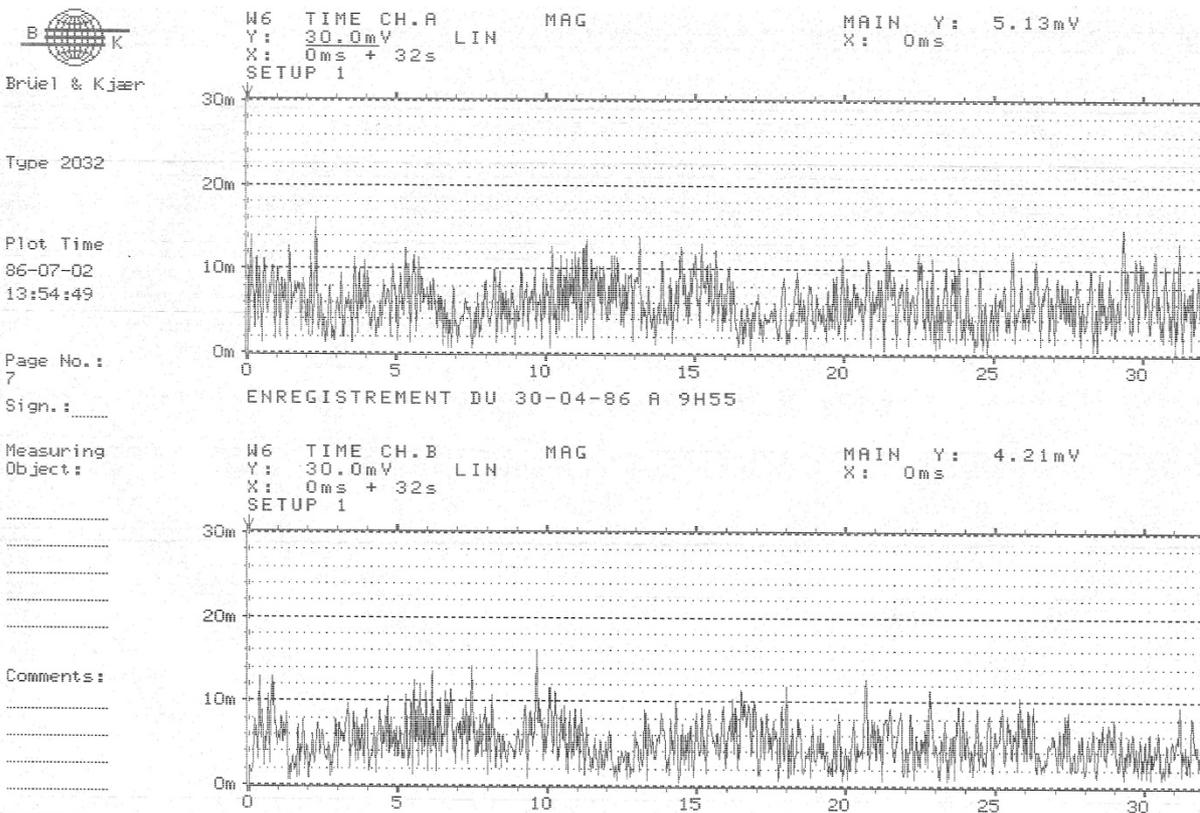


Figure A-120 : E300486-0955-8. Signal temporel aux entrées A et B.

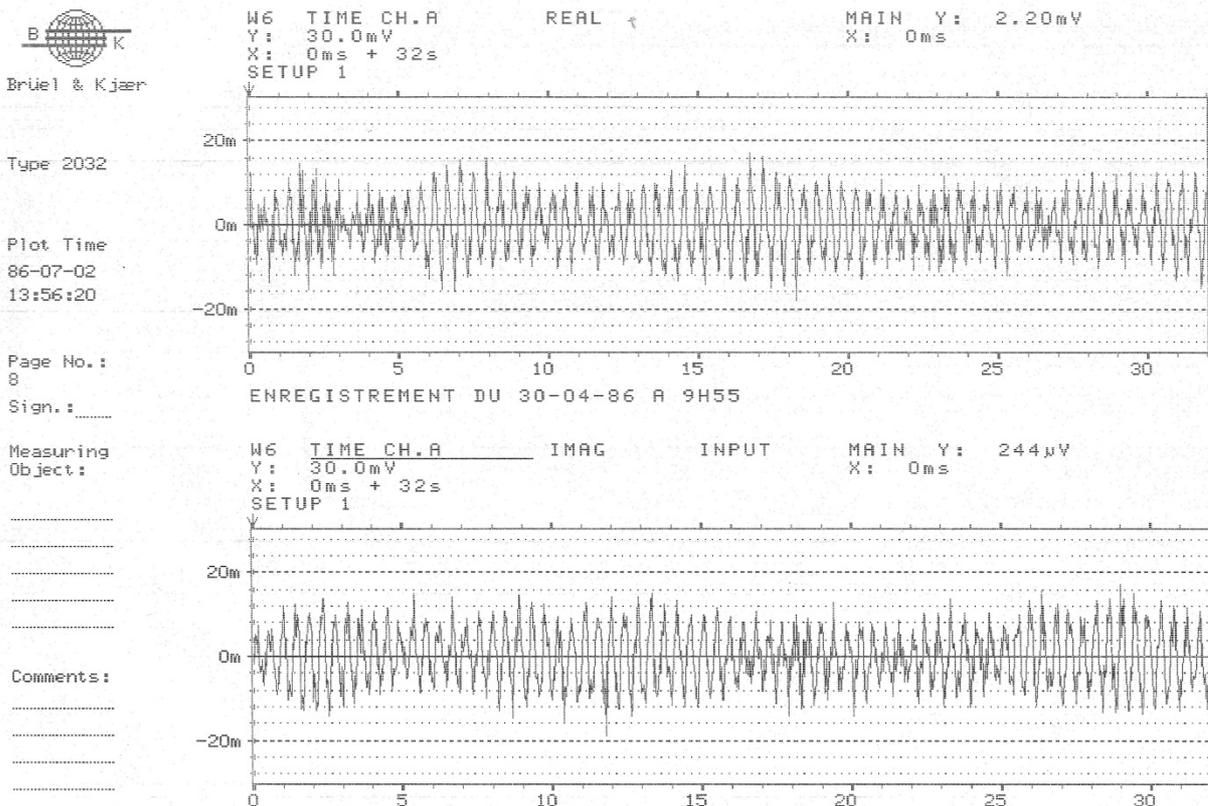


Figure A-121 : E300486-0955-9. Parties réelle et imaginaire du signal temporel de l'entrée A.

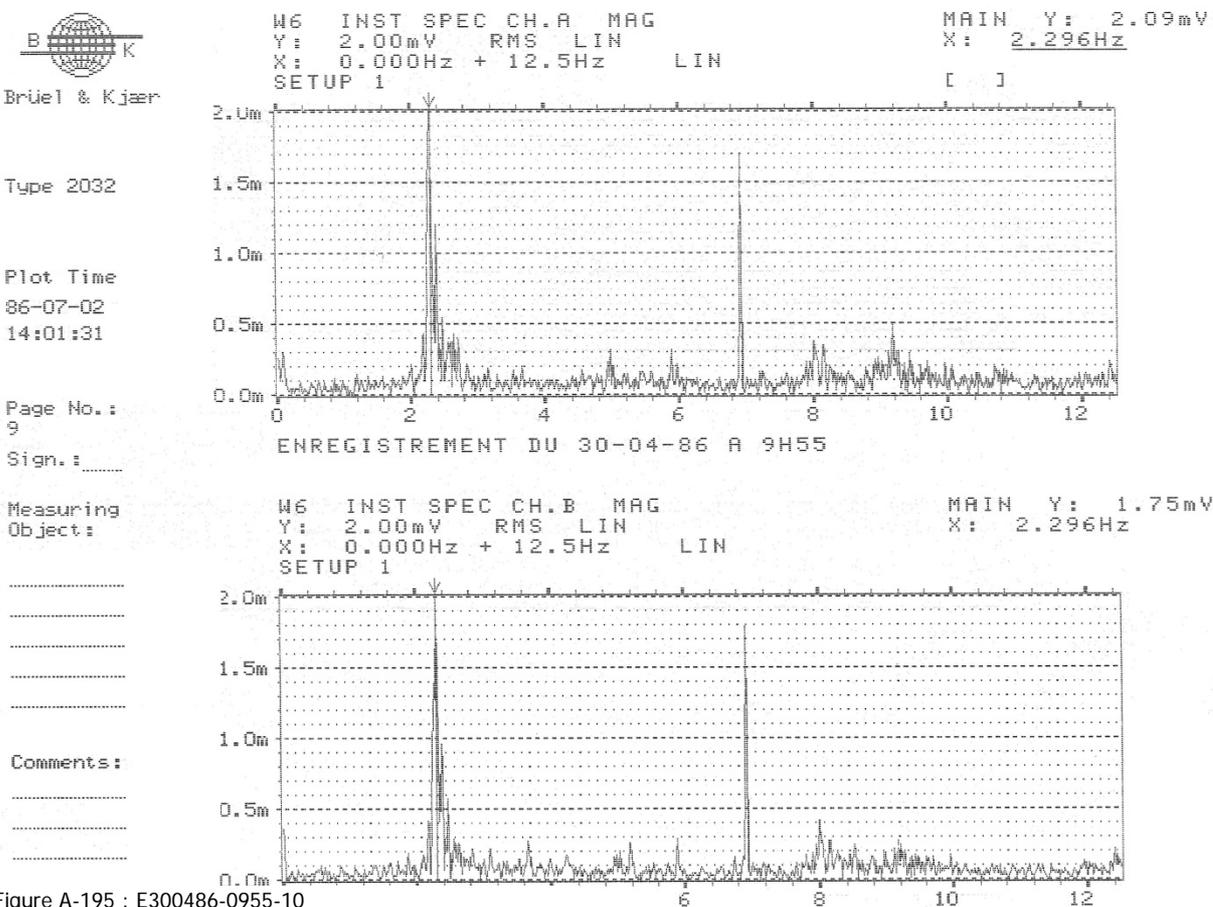


Figure A-195 : E300486-0955-10

Figure A-122 : E300486-0955-10. Spectres instantanés RMS aux entrées A et B en échelle linéaire.

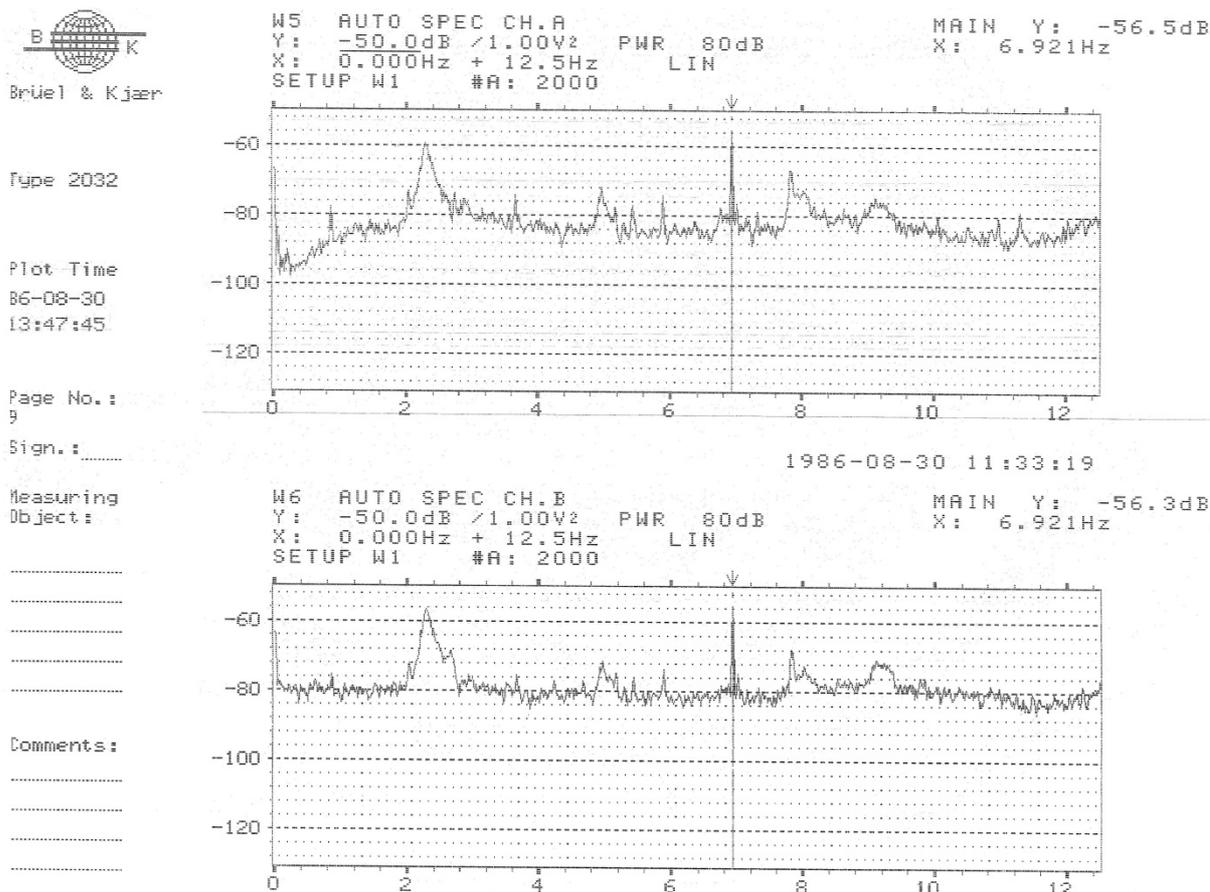


Figure A-123 : E300486-0955-11. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.

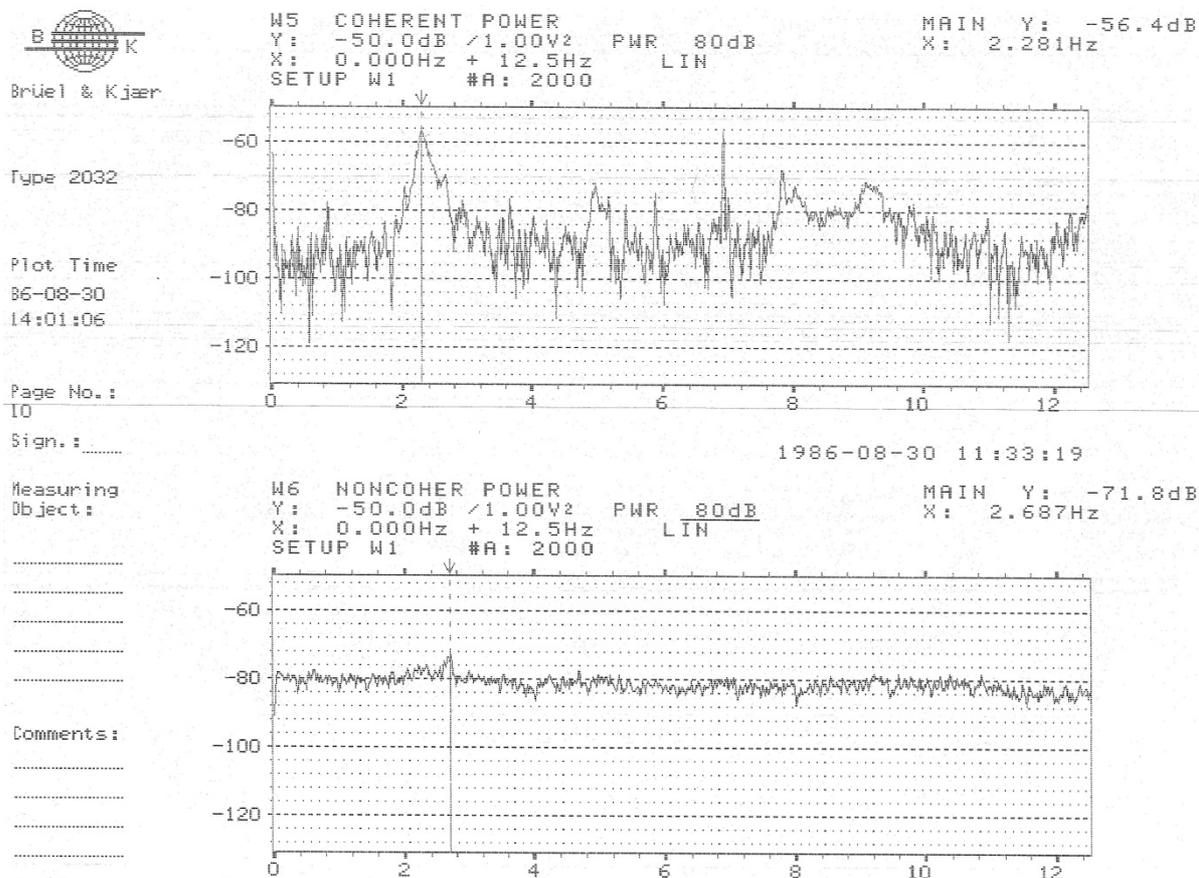


Figure A-124 : E300486-0955-12. Puissance de cohérence et de non cohérence en échelle logarithmique.

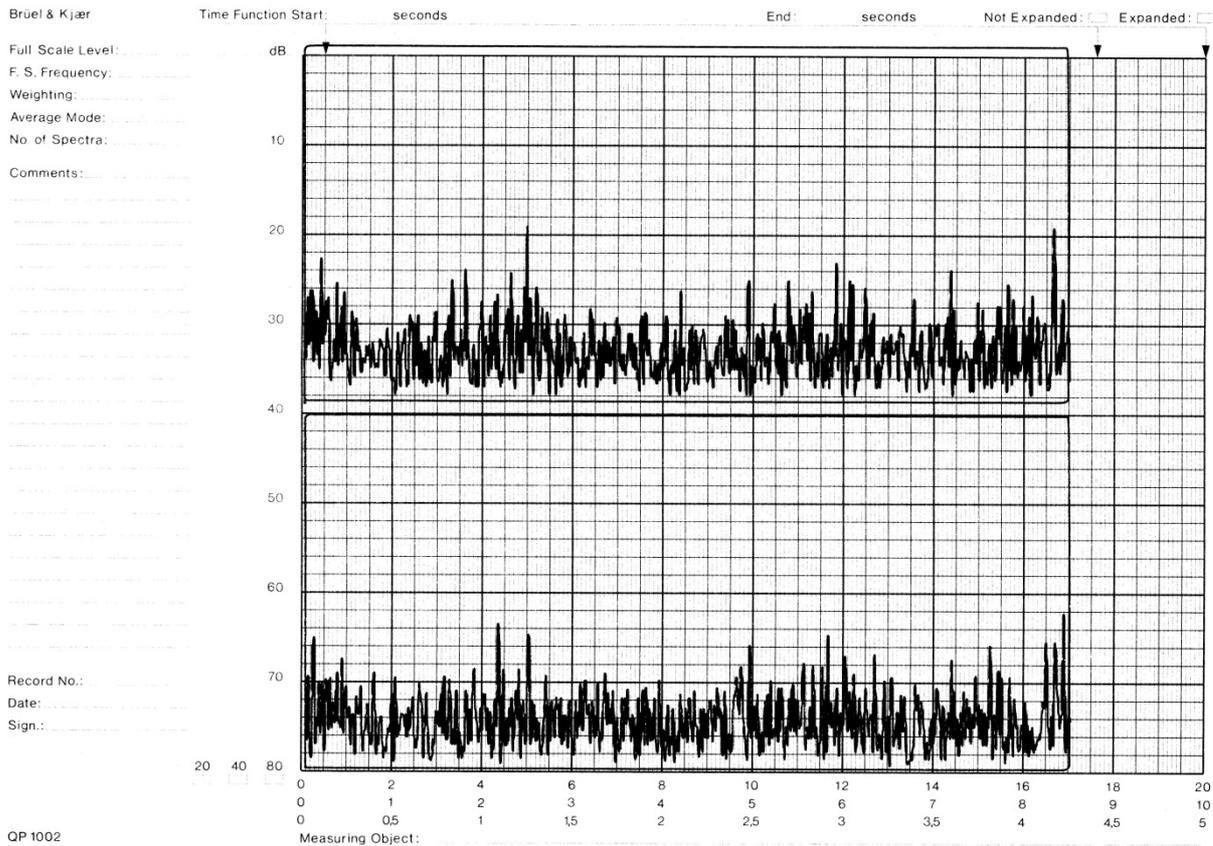


Figure A-125 : E300486-0955-t1

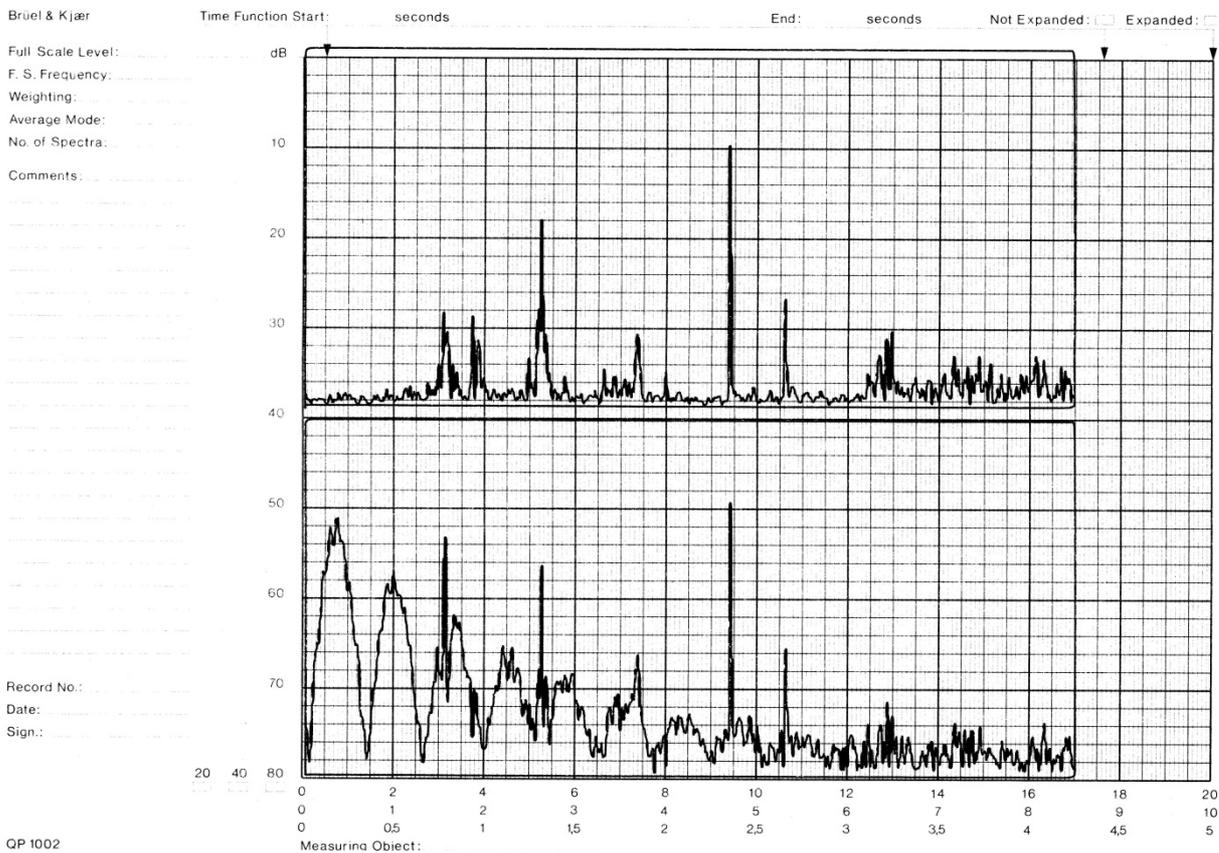


Figure A-126 : E300486-0955-t2

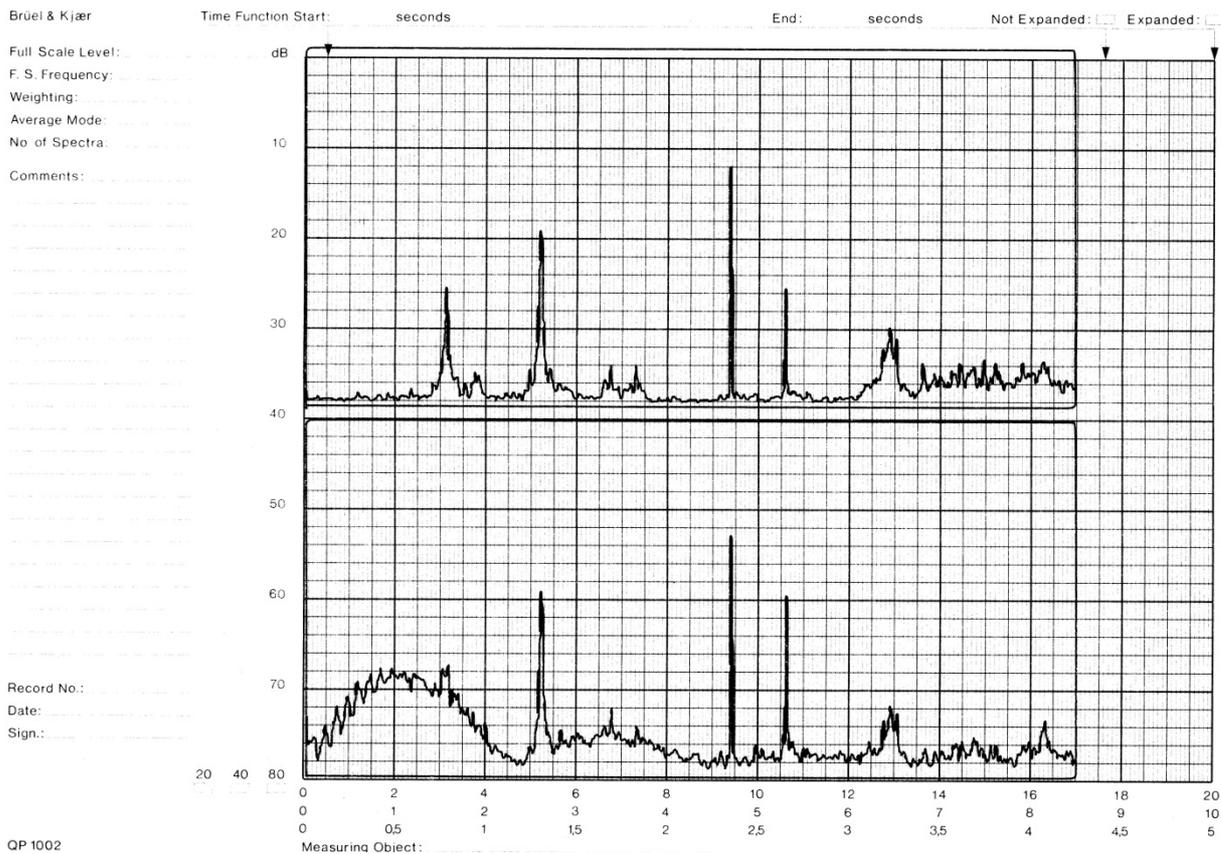


Figure A-127 : E300486-0955-t3

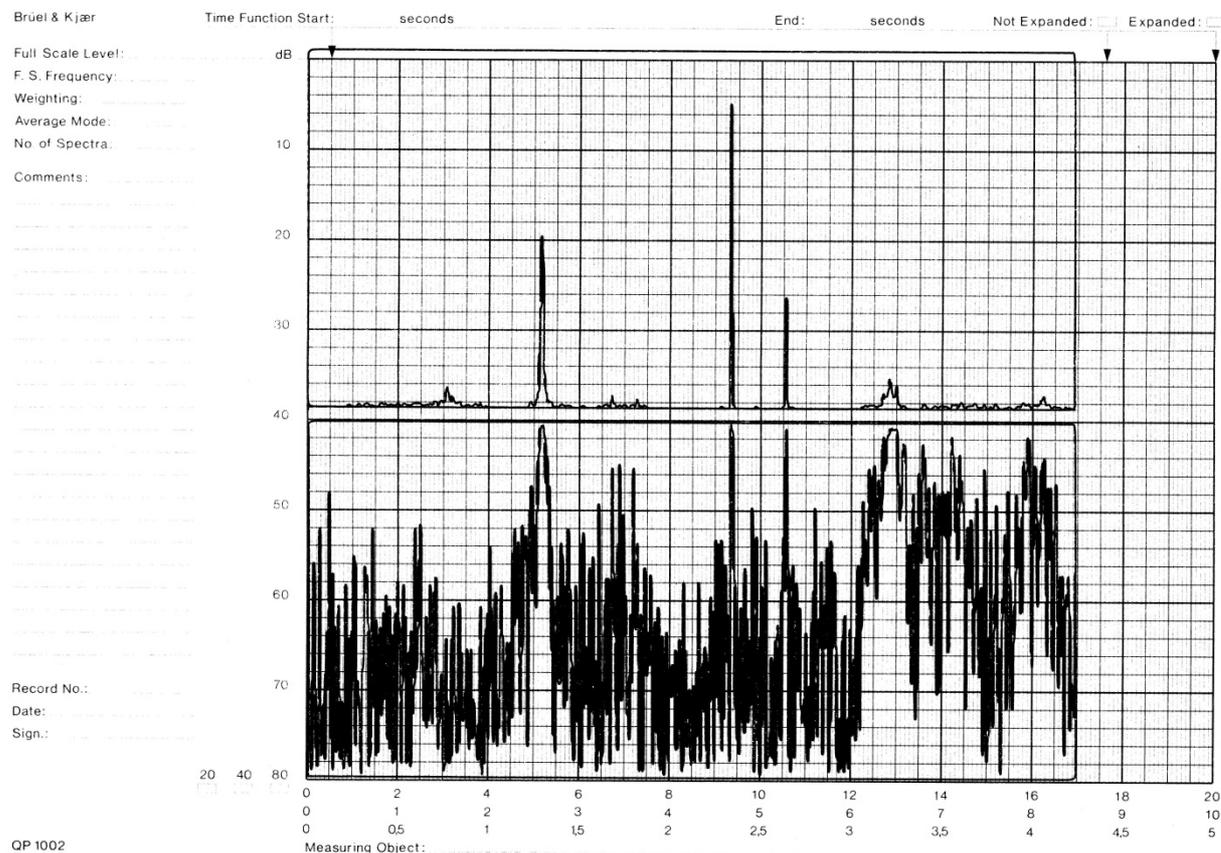


Figure A-128 : E300486-0955-t4

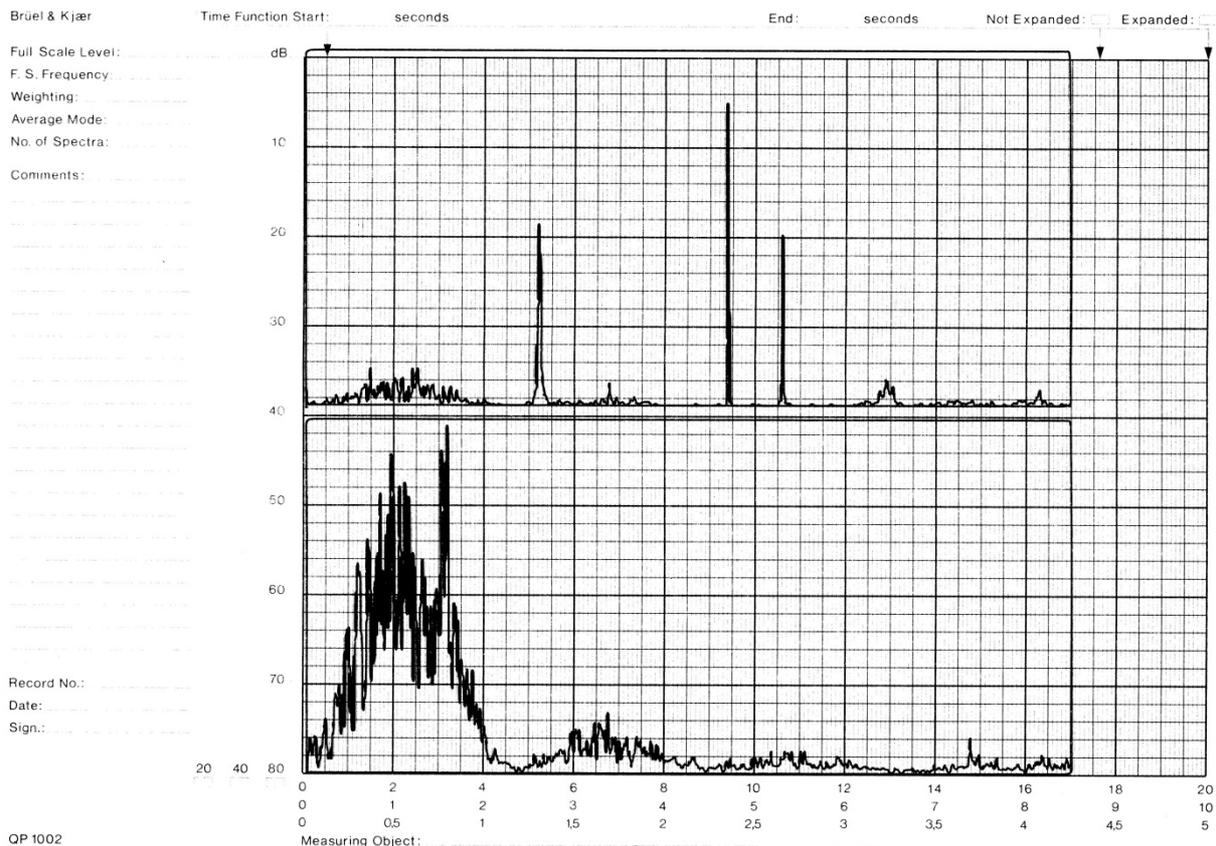


Figure A-129 : E300486-0955-t5

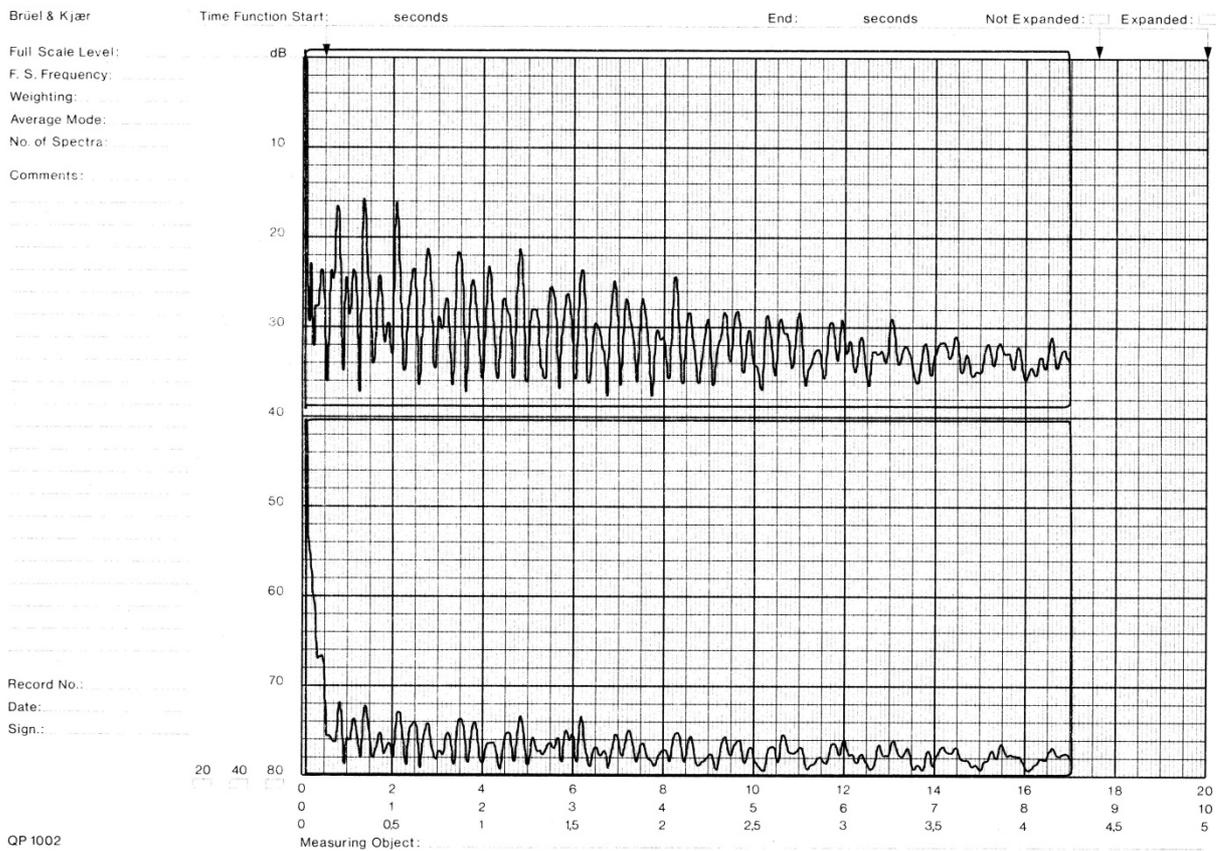


Figure A-130 : E300486-0955-t6

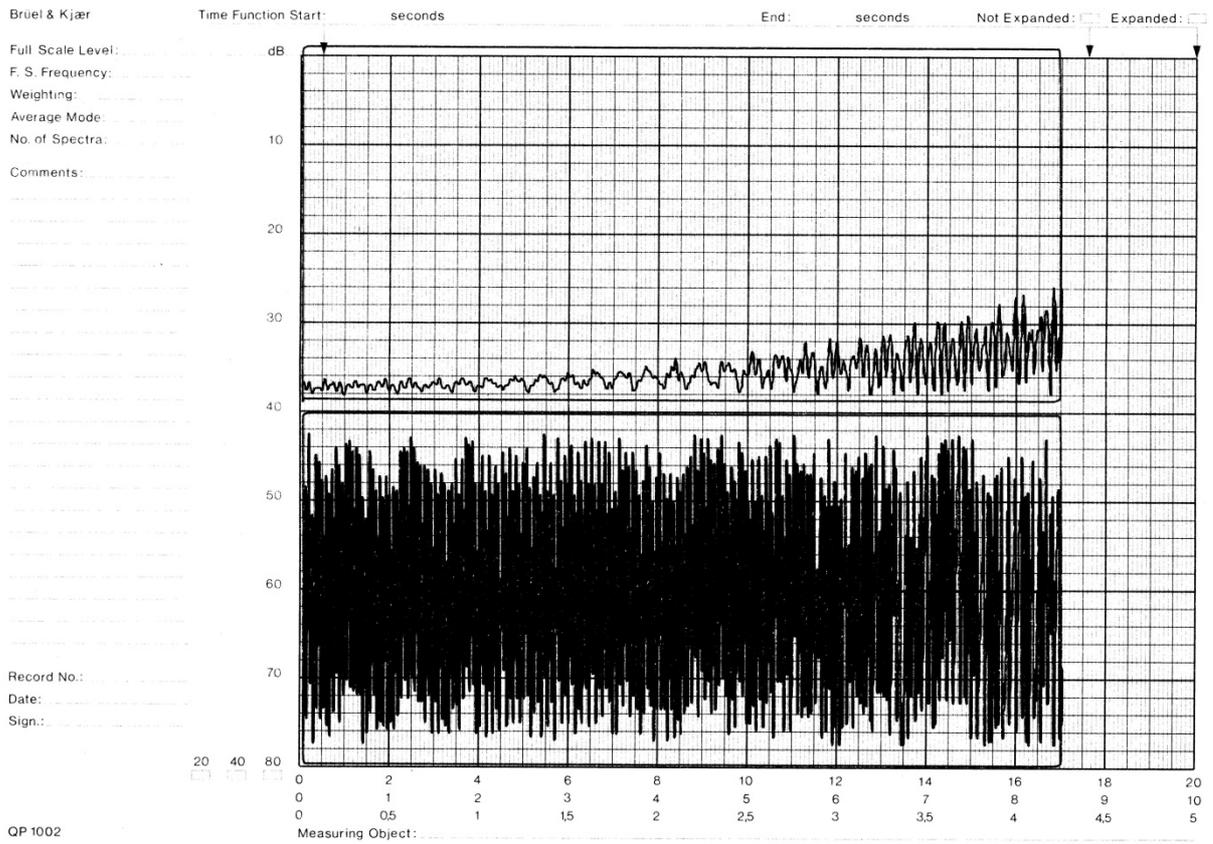


Figure A-131 : E300486-0955-t7

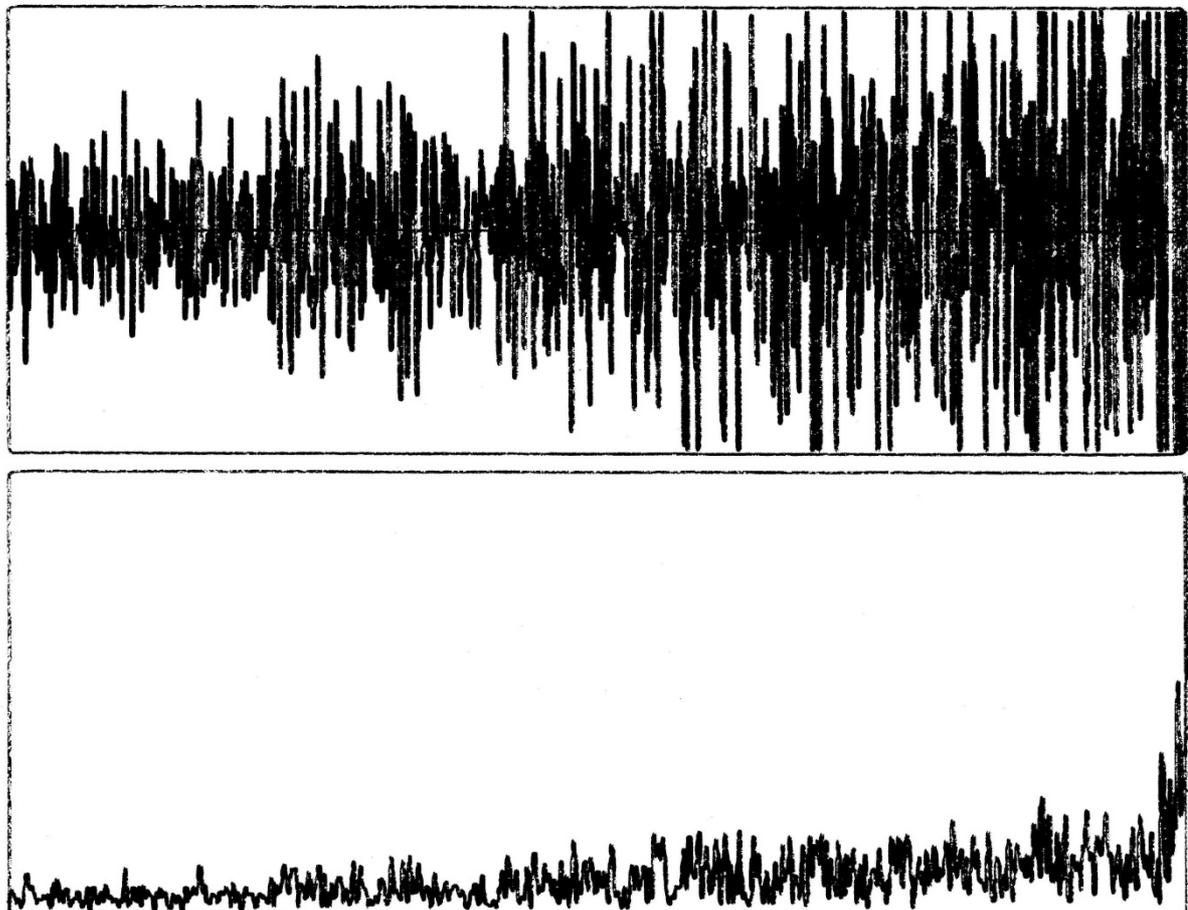


Figure A-132 : E300486-0955-t8

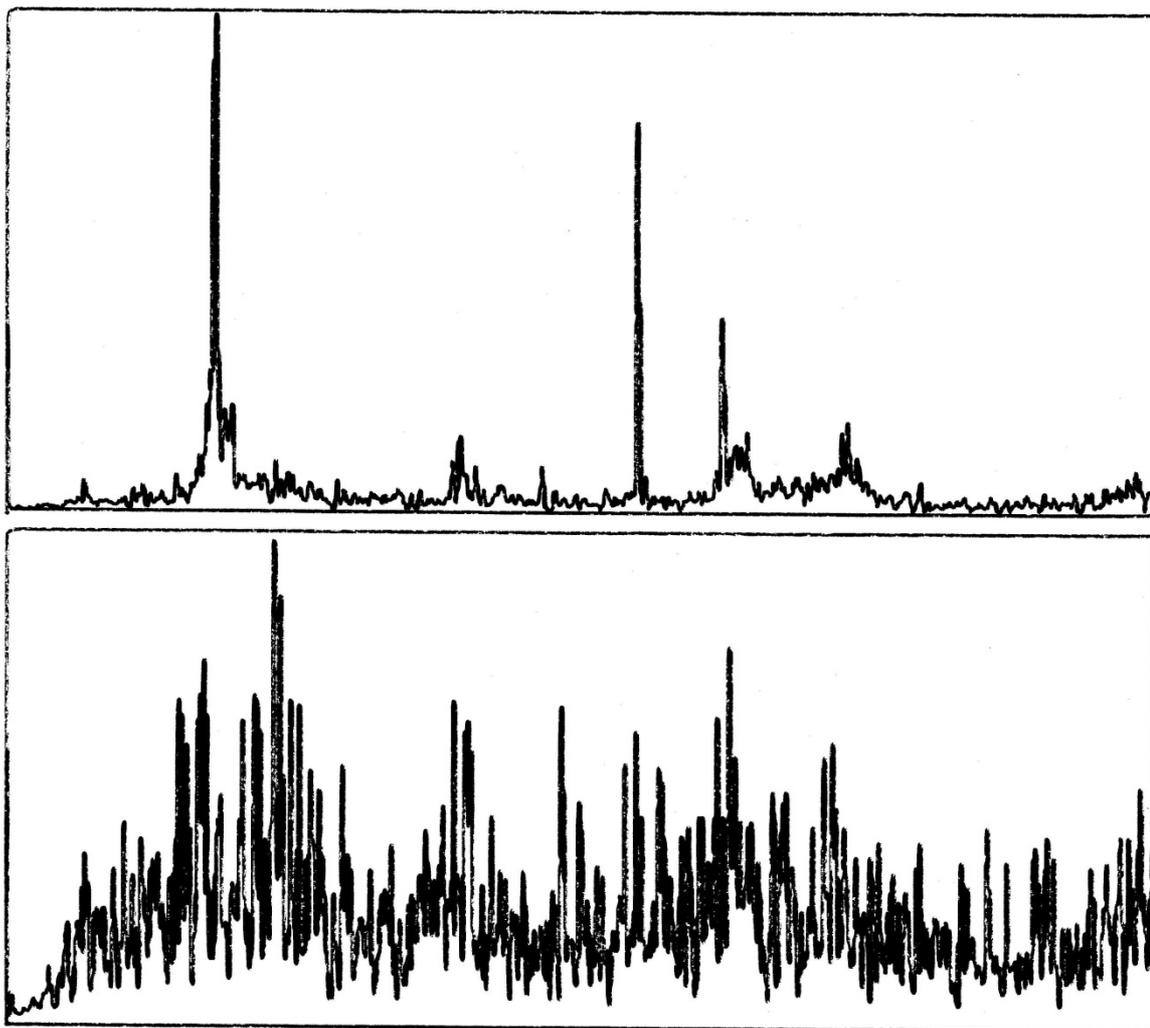


Figure A-133 : E300486-0955-t9

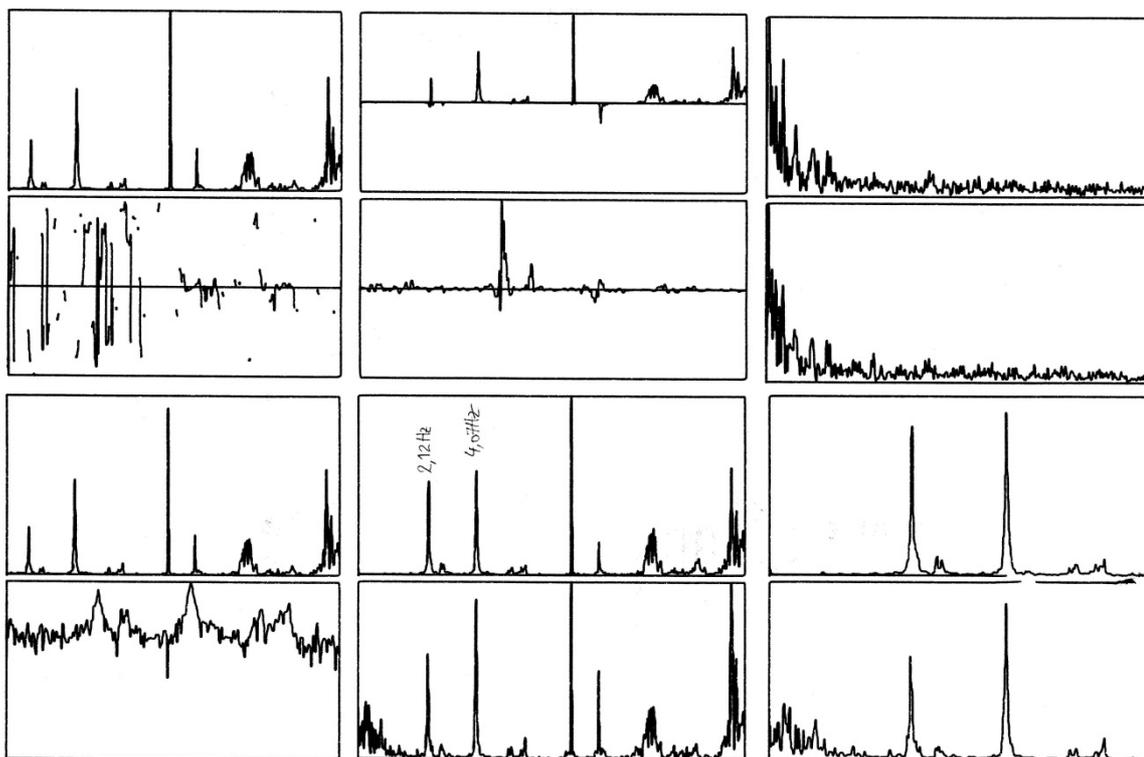


Figure A-134 : E300486-0955-t10

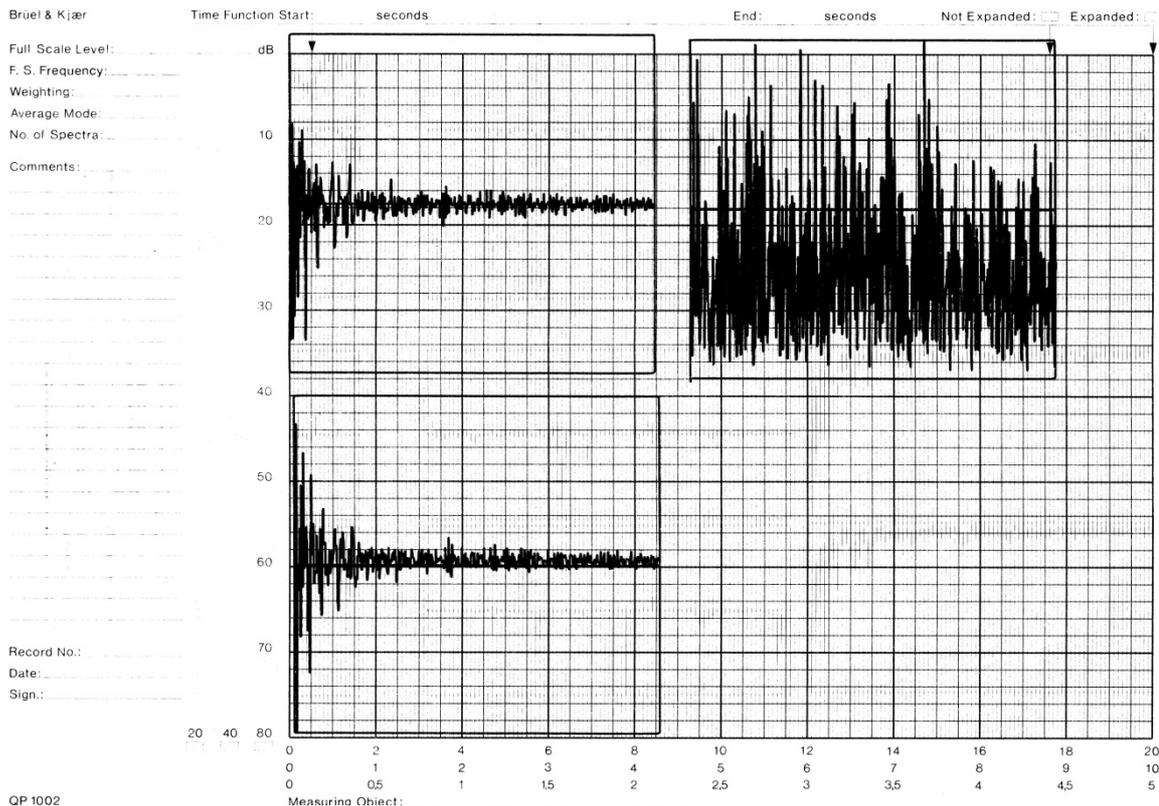


Figure A-135 : E300486-0955-t11

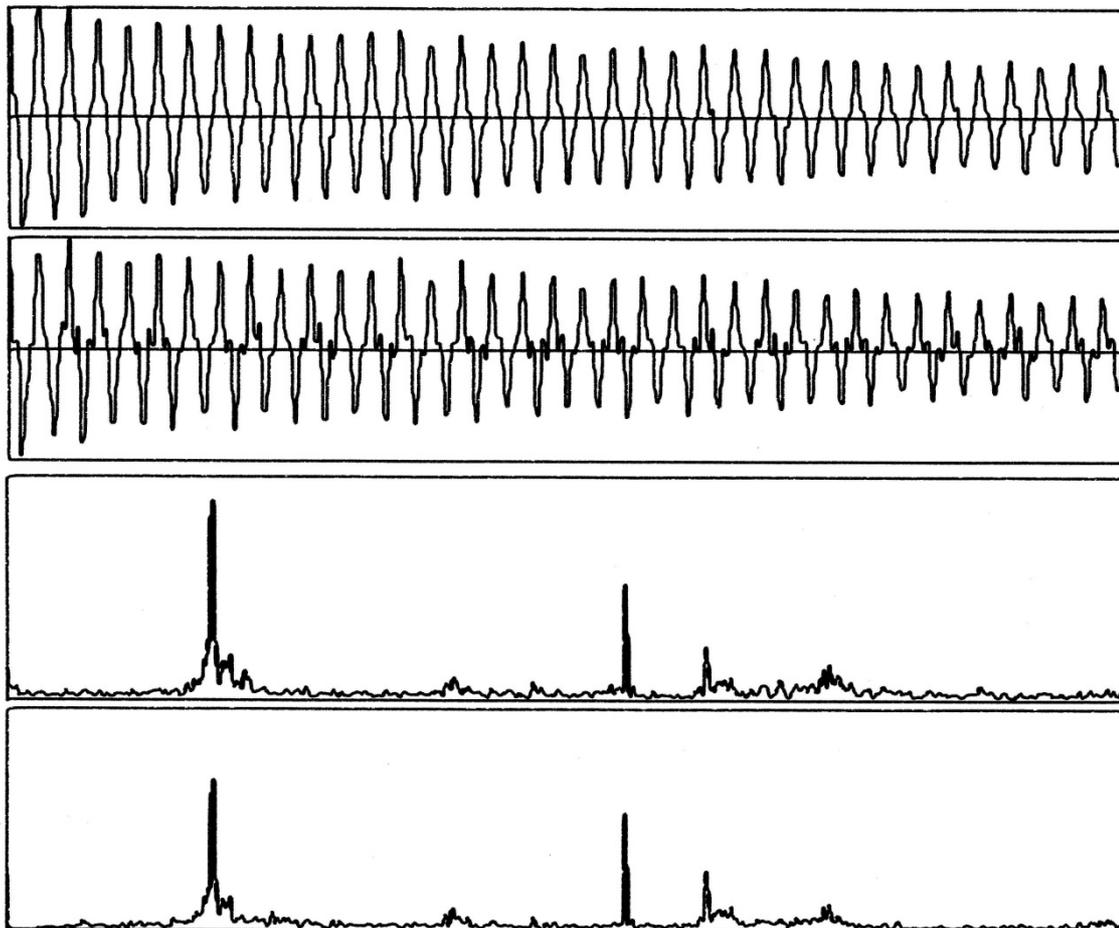


Figure A-136 : E300486-0955-t12

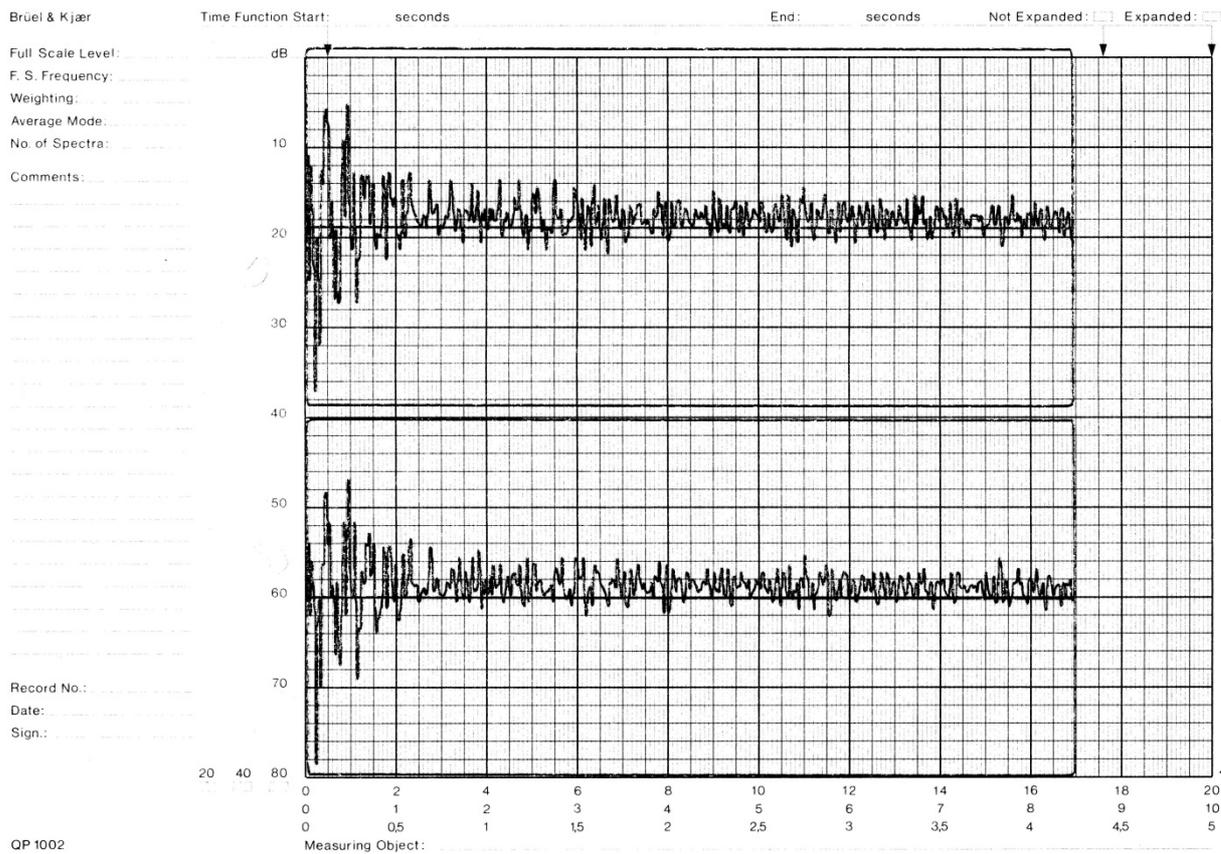


Figure A-137 : E300486-0955-t13

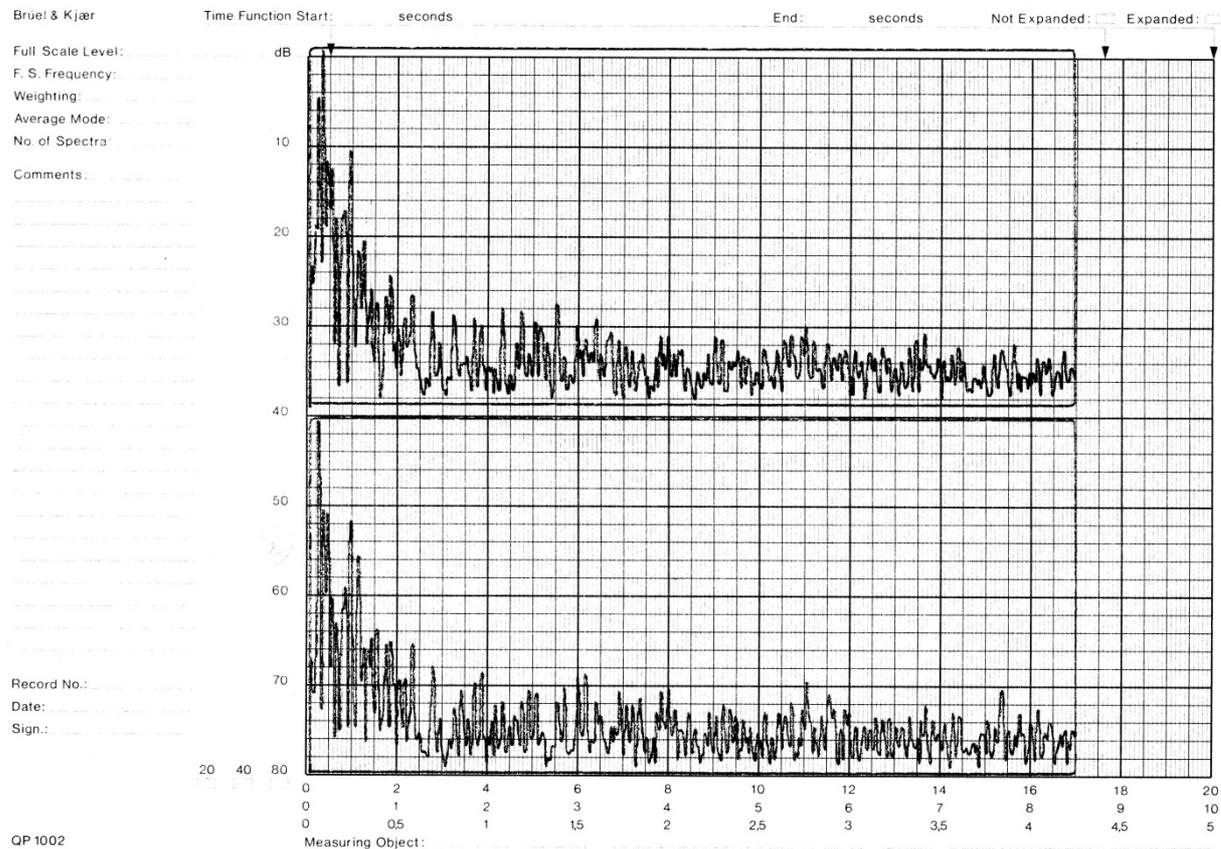
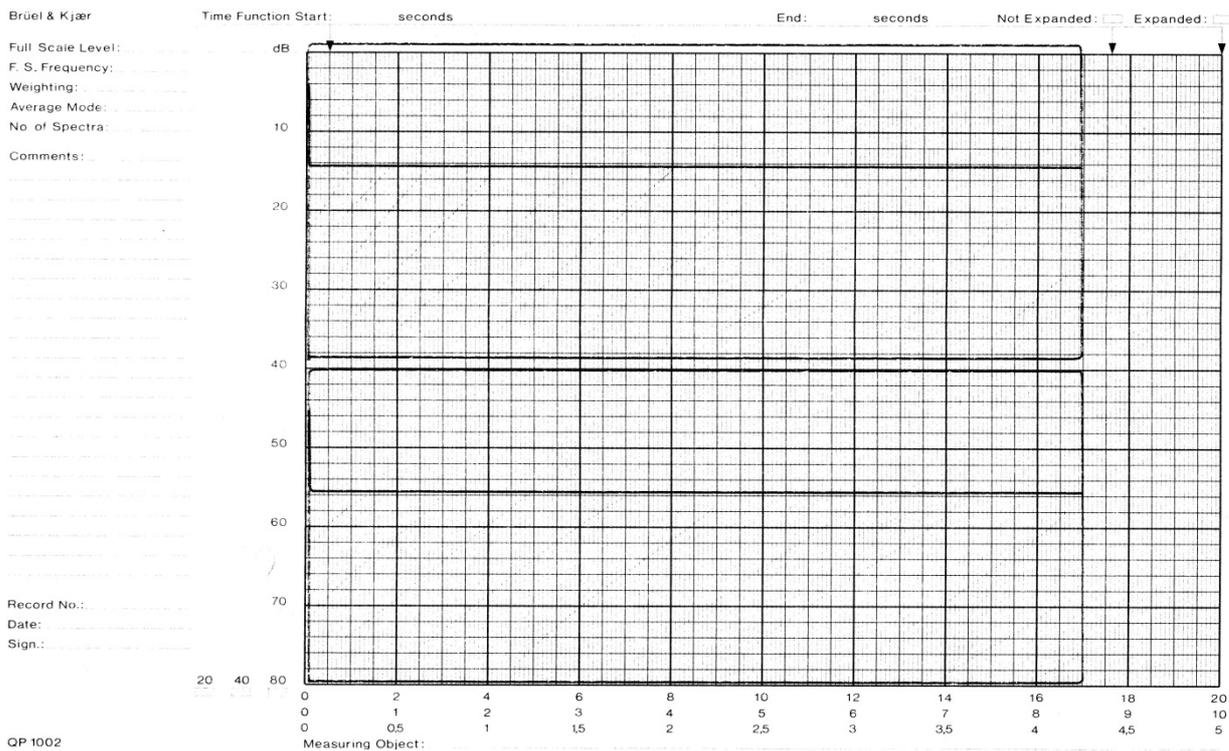


Figure A-138 : E300486-0955-t14



QP 1002

Figure A-139 : E300486-0955-t15

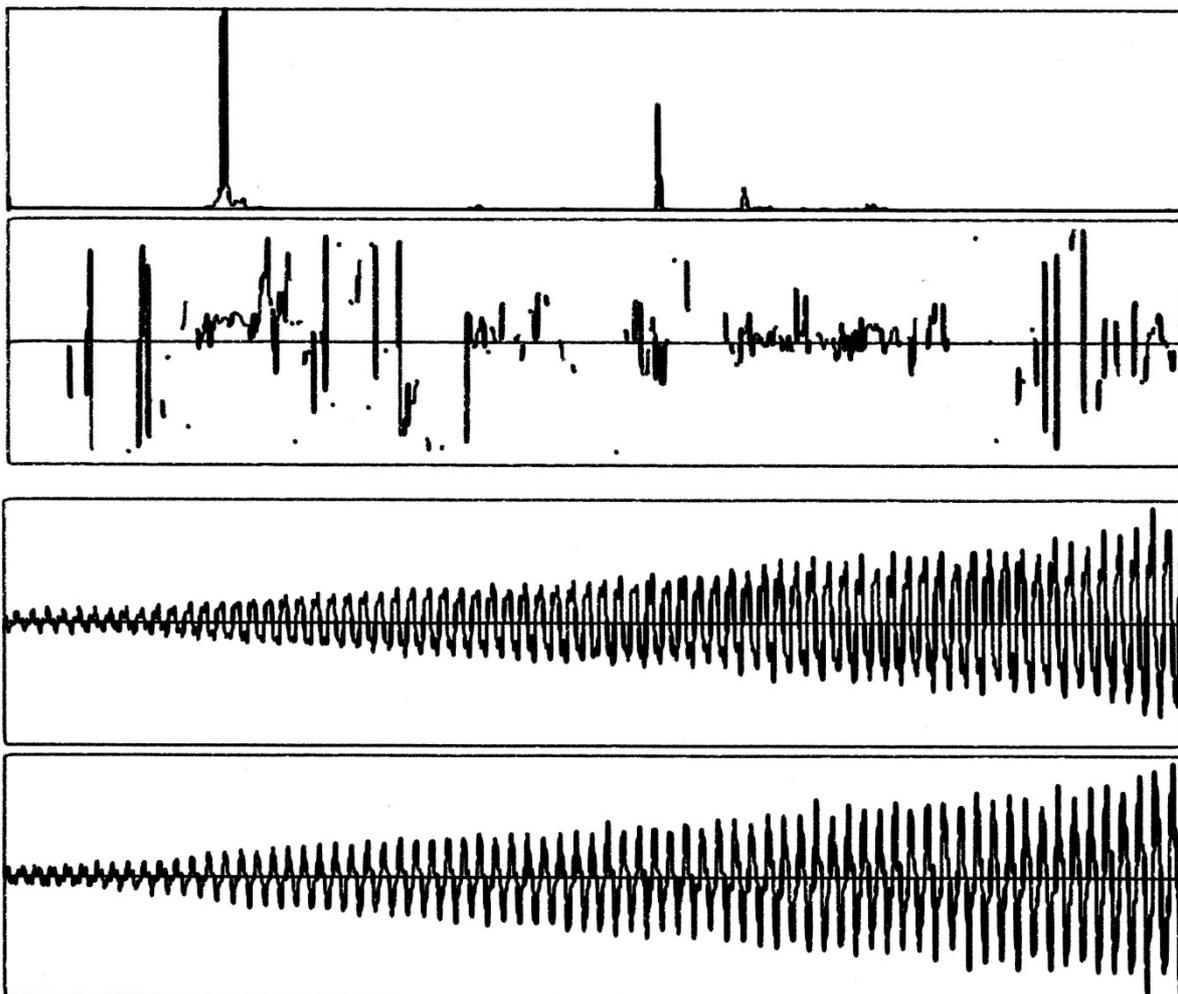


Figure A-140 : E300486-0955-t16

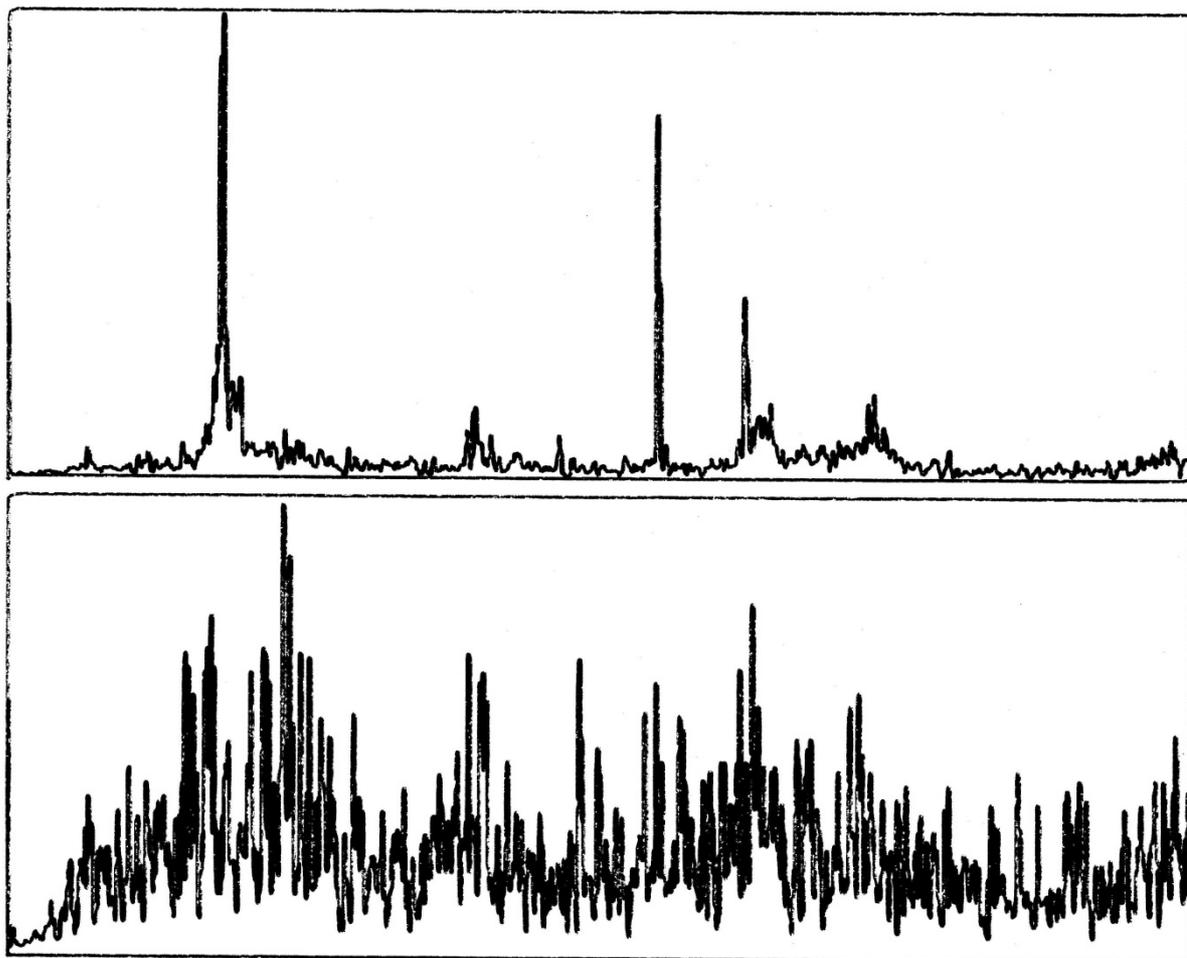


Figure A-143 : E300486-0955-t19

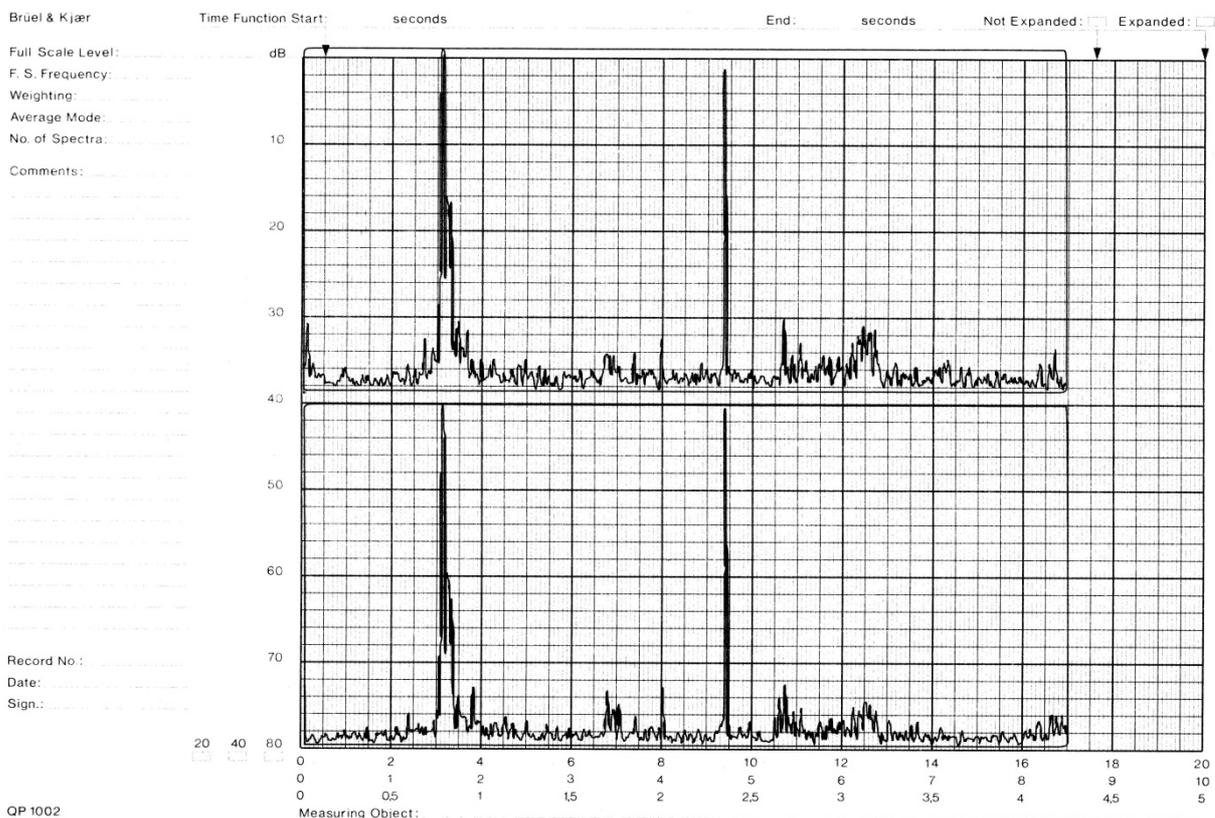


Figure A-144 : E300486-0955-t20

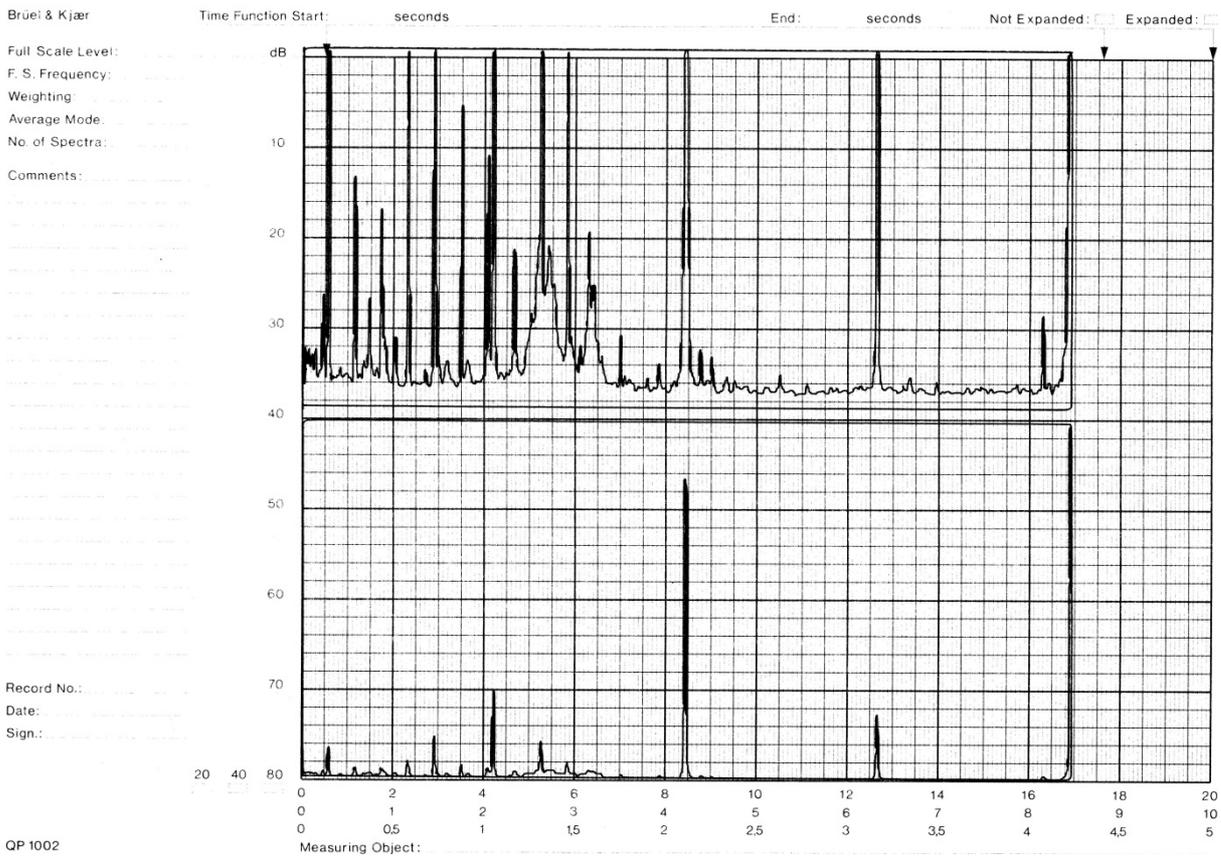


Figure A-145 : E300486-0955-t21

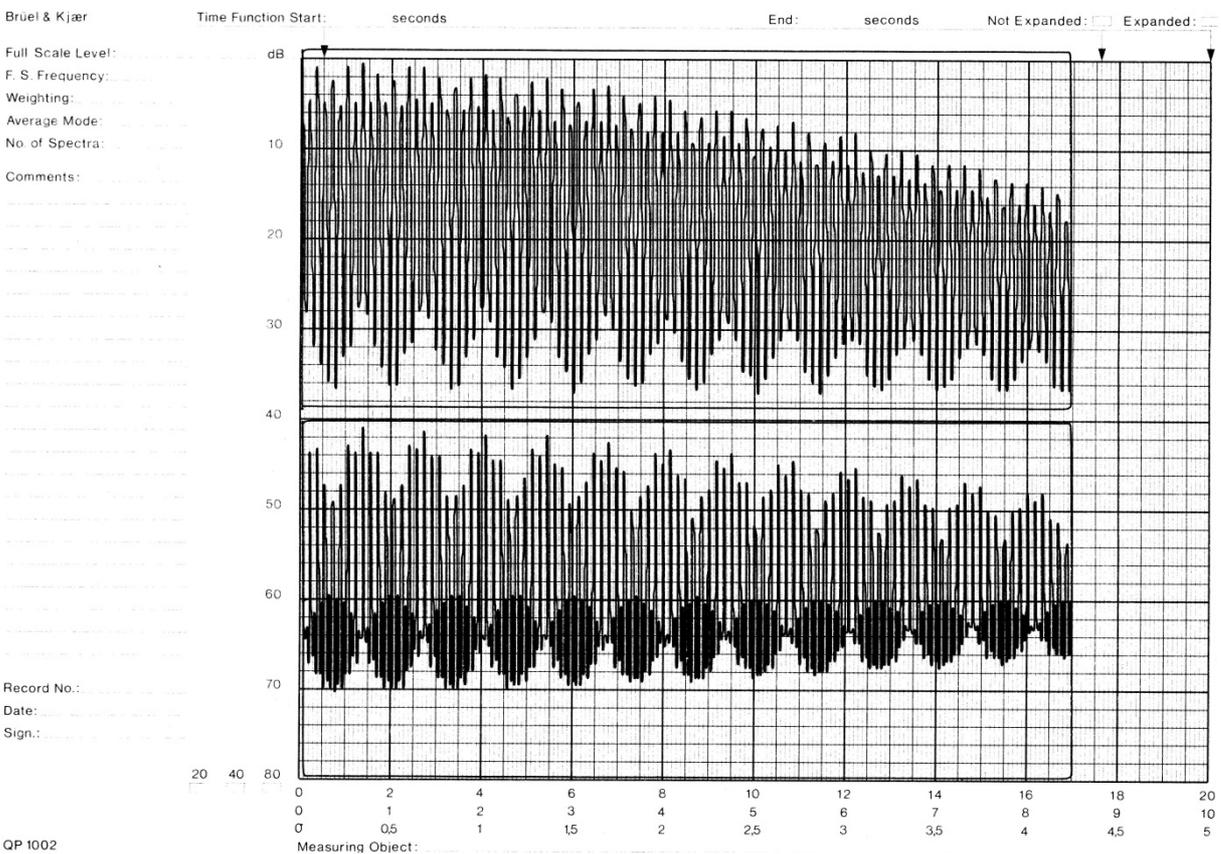


Figure A-146 : E300486-0955-t22

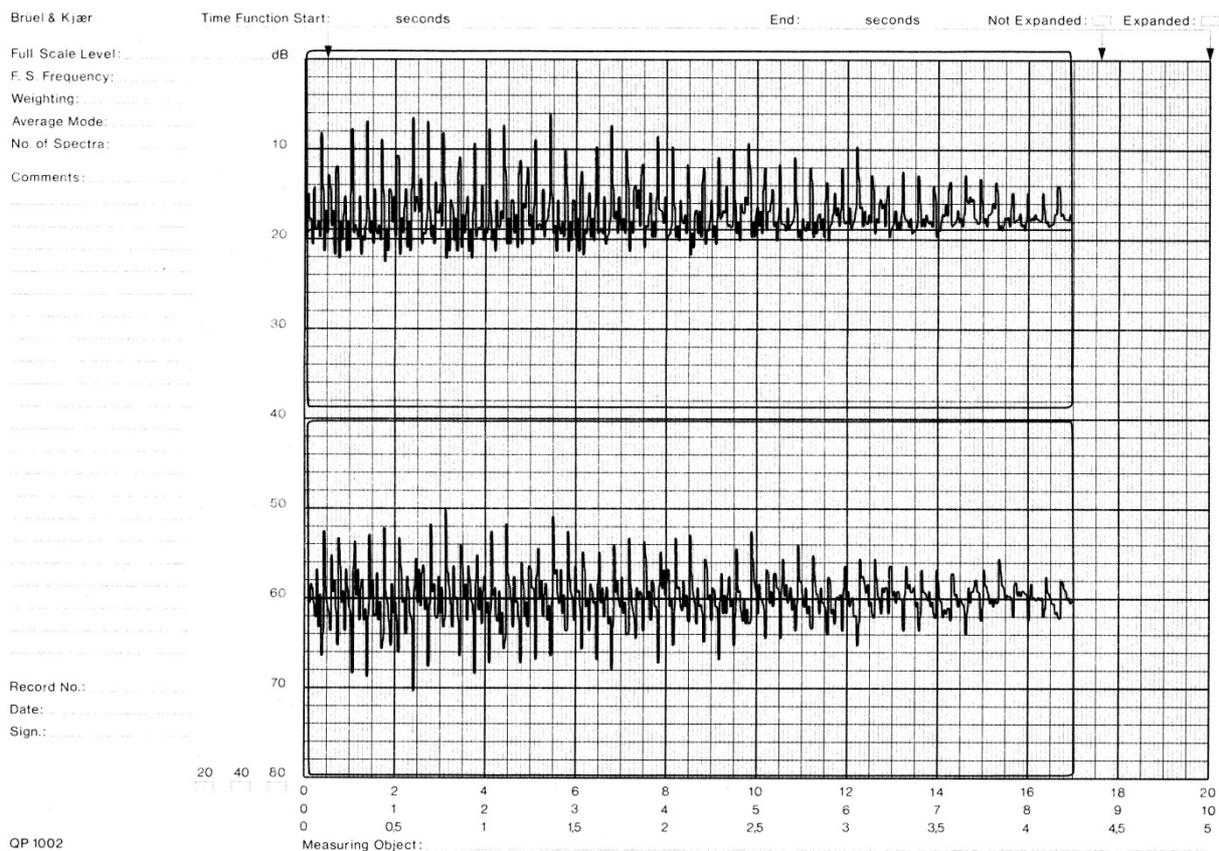


Figure A-147 : E300486-0955-t23

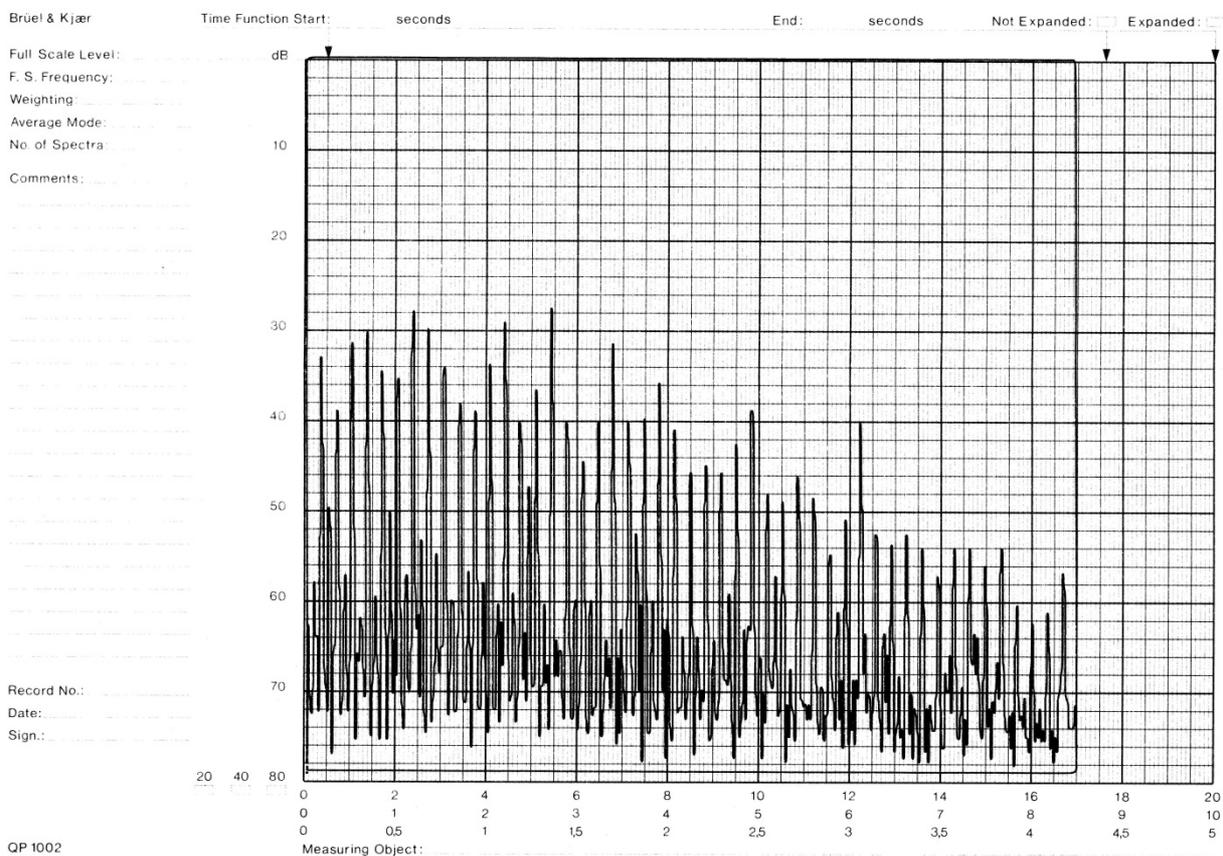


Figure A-148 : E300486-0955-t24

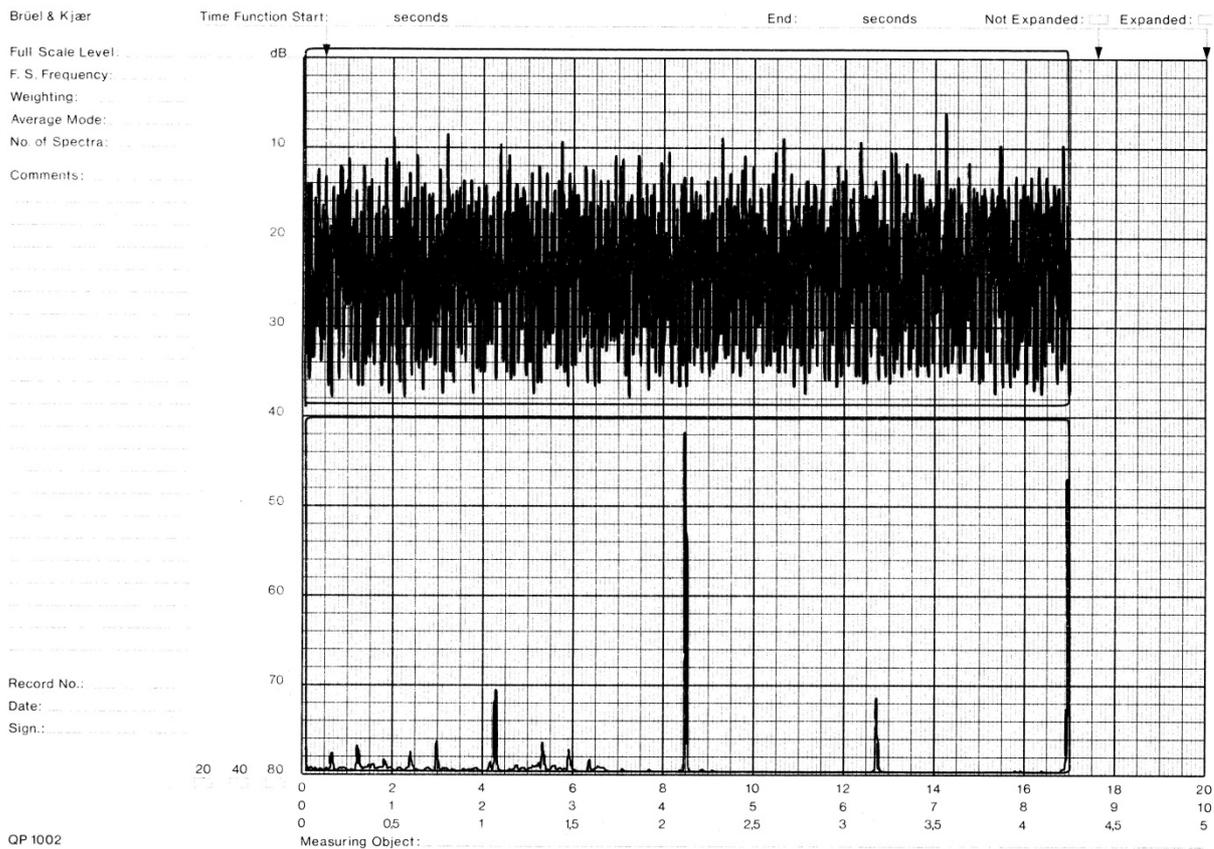


Figure A-149 : E300486-0955-t25

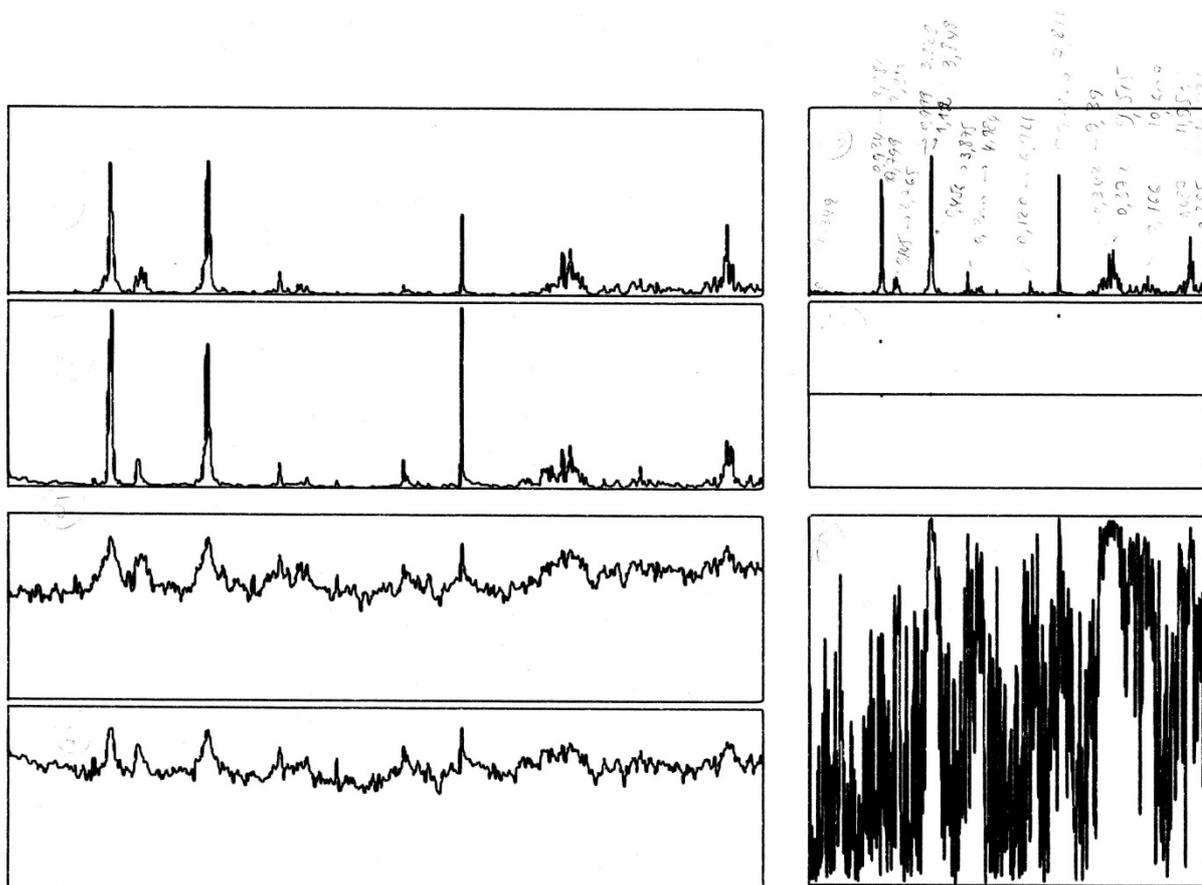


Figure A-150 : E300486-0955-t26

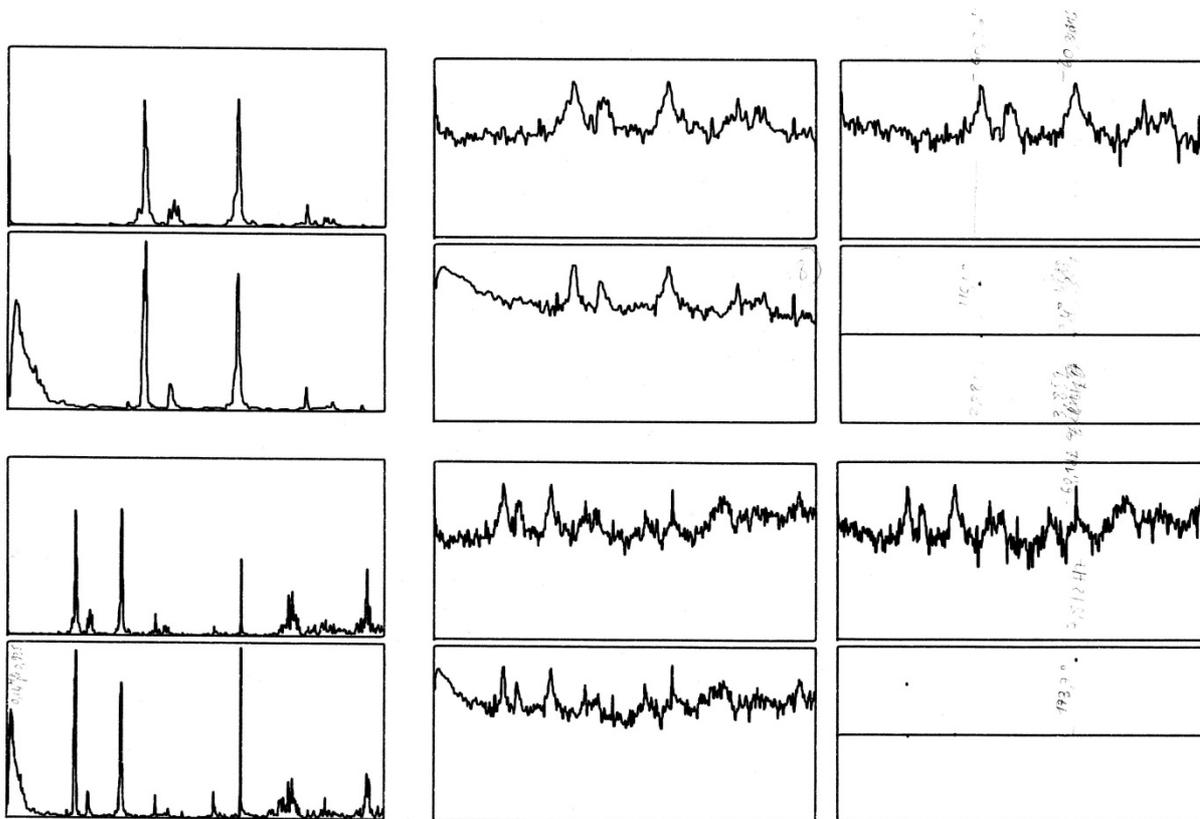


Figure A-151 : E300486-0955-t27

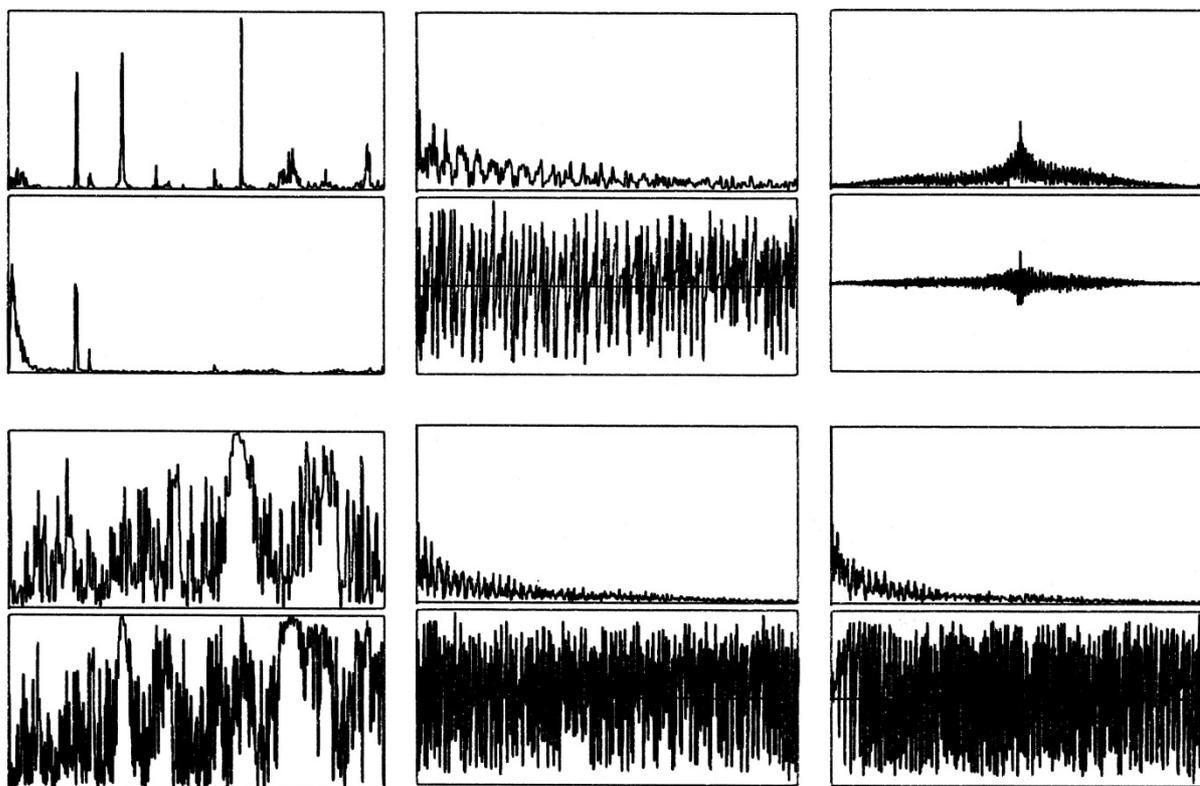


Figure A-152 : E300486-0955-t28

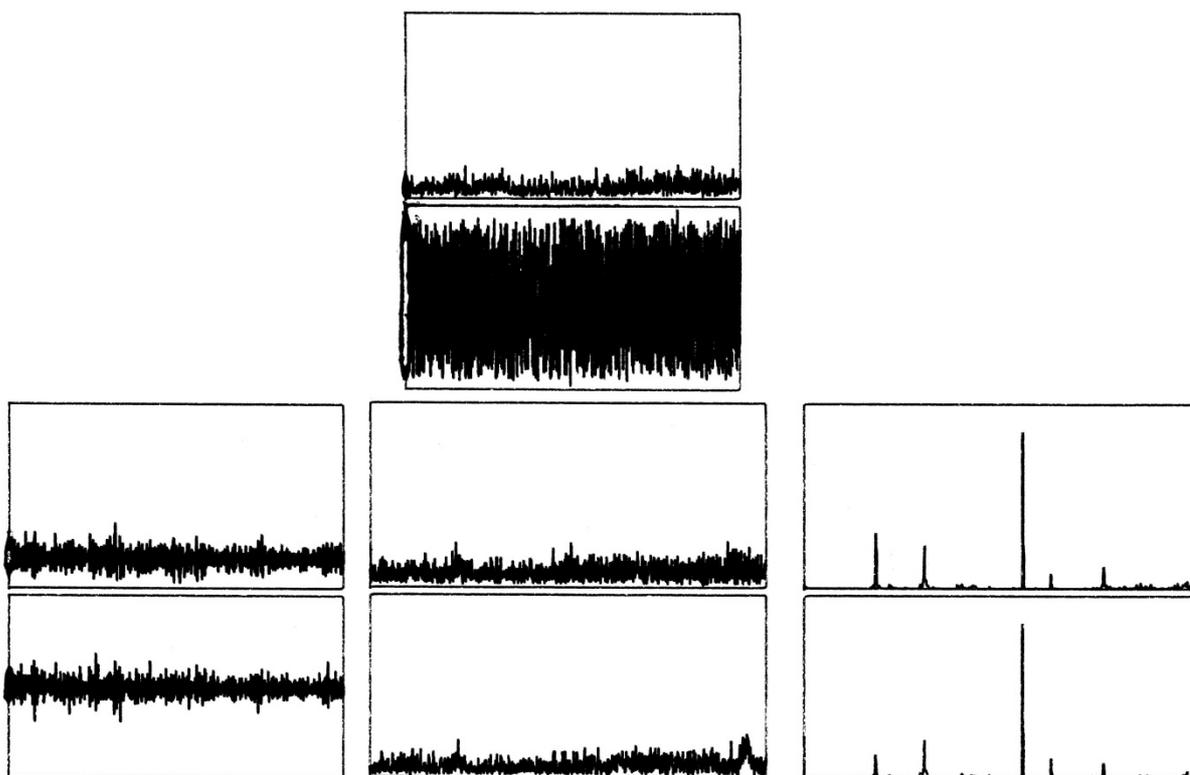


Figure A-153 : E300486-0955-t29

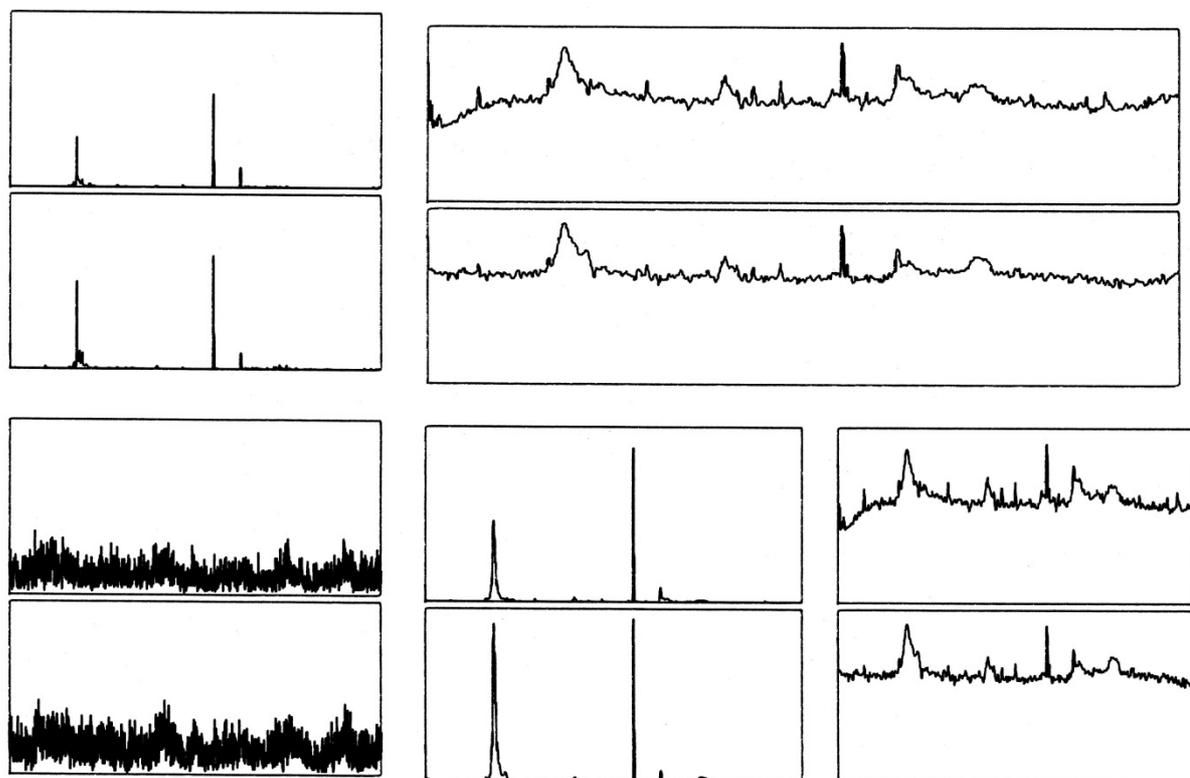


Figure A-154 : E300486-0955-t30

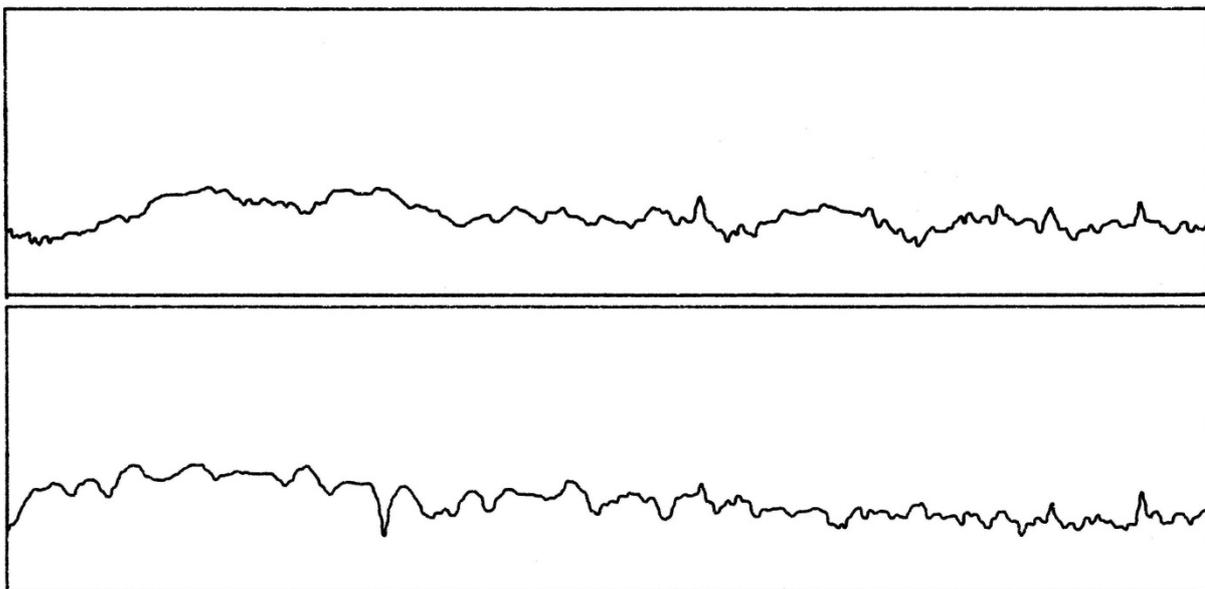


Figure A-155 : E300486-0955-t31

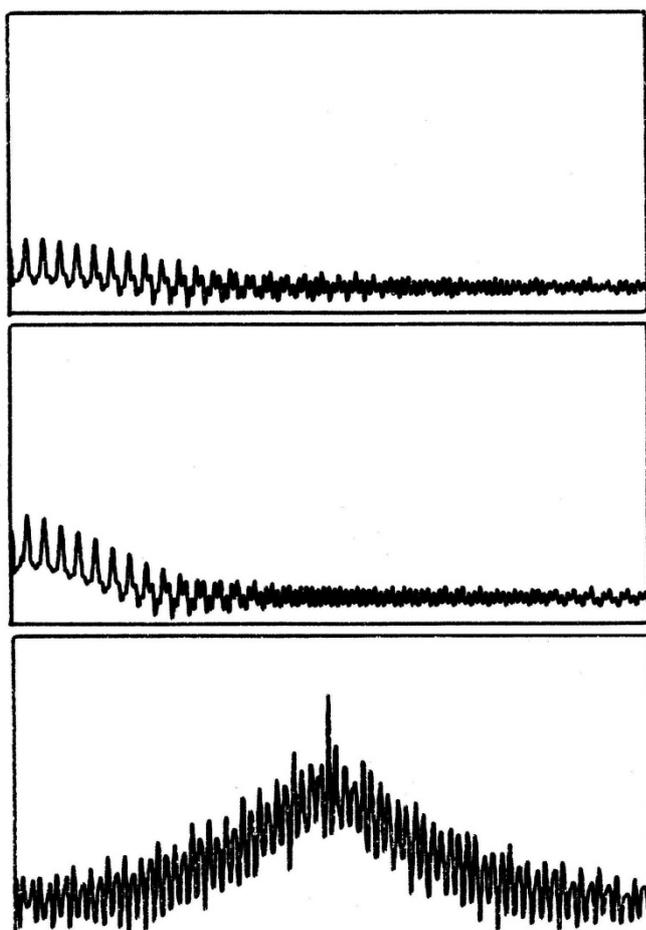


Figure A-156 : E300486-0955-t32

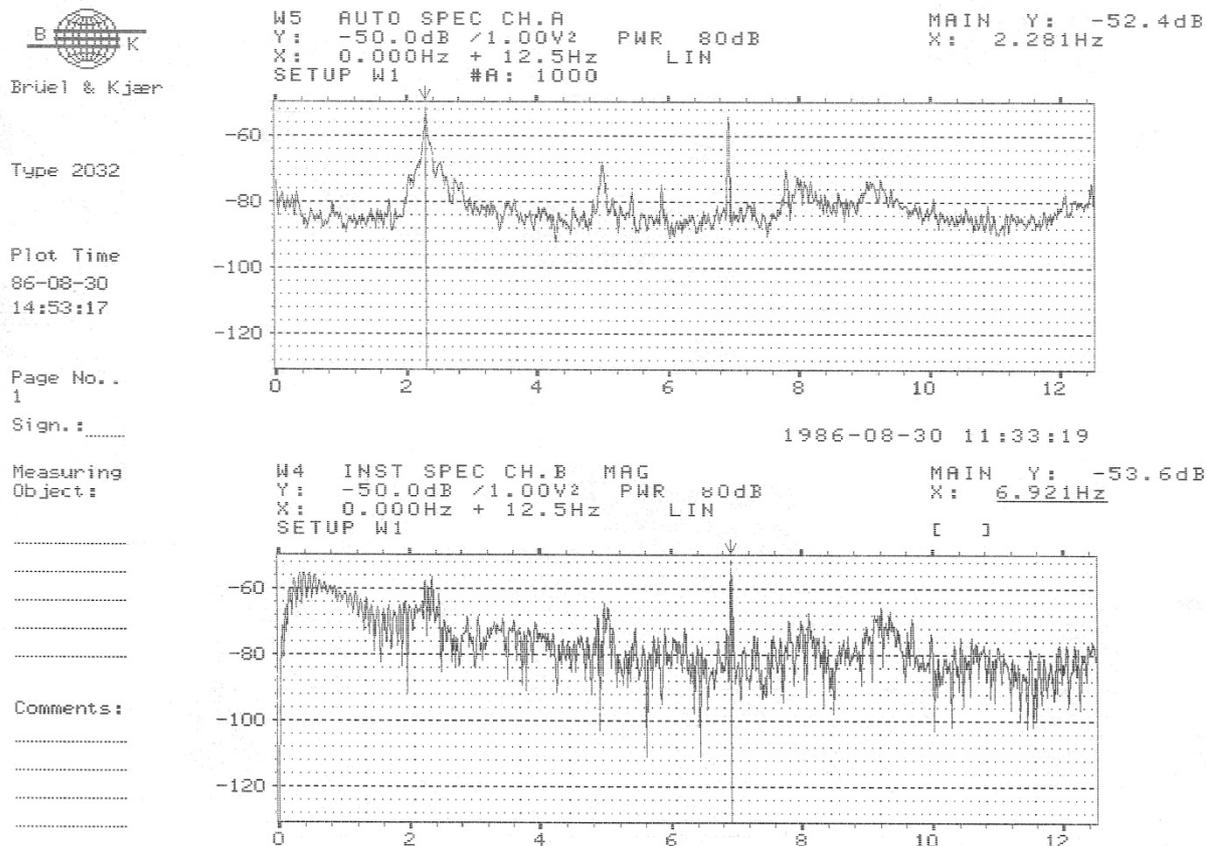


Figure A-157 : E300486-1016-1. Spectres de puissance fréquentielle aux entrées A et B en échelle logarithmique.

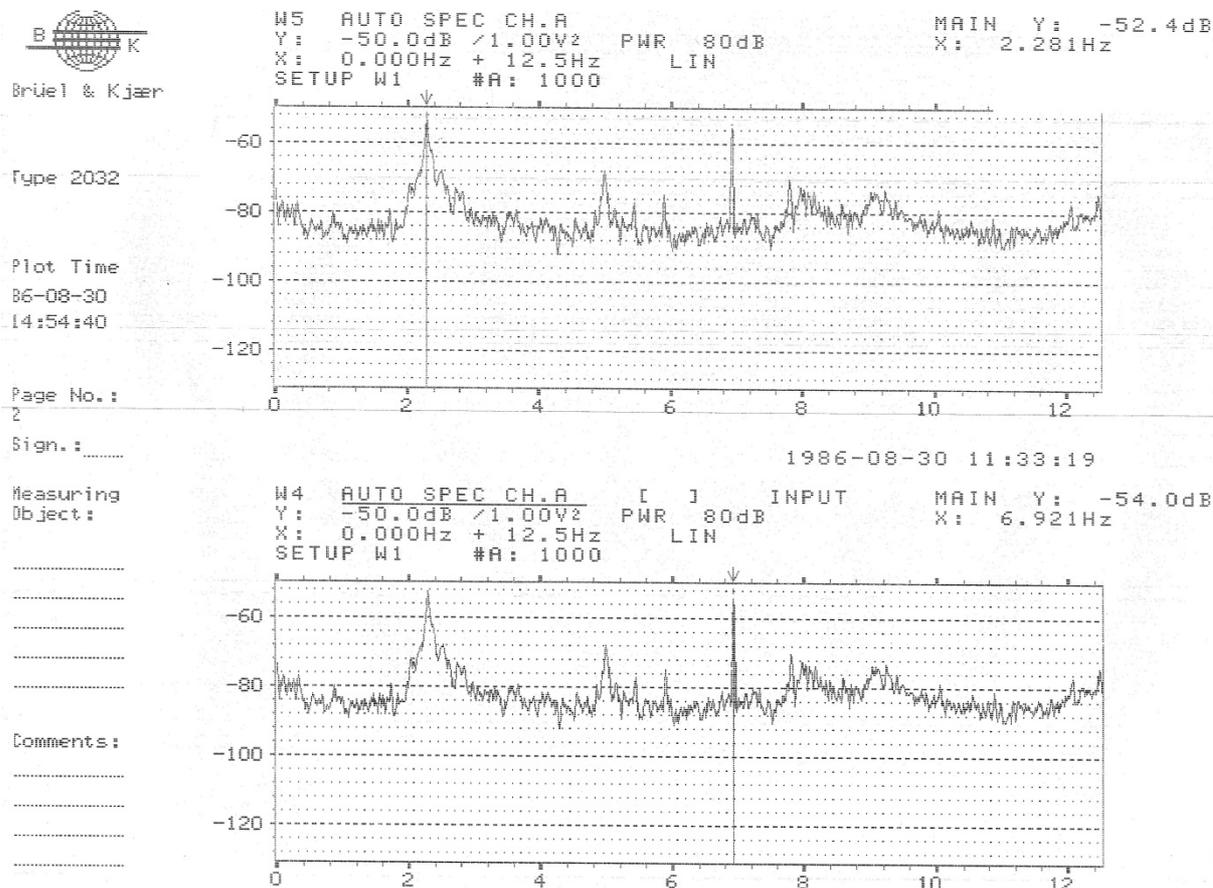


Figure A-158 : E300486-1016-2. Spectre de puissance fréquentielle de l'entrée A en échelle logarithmique.

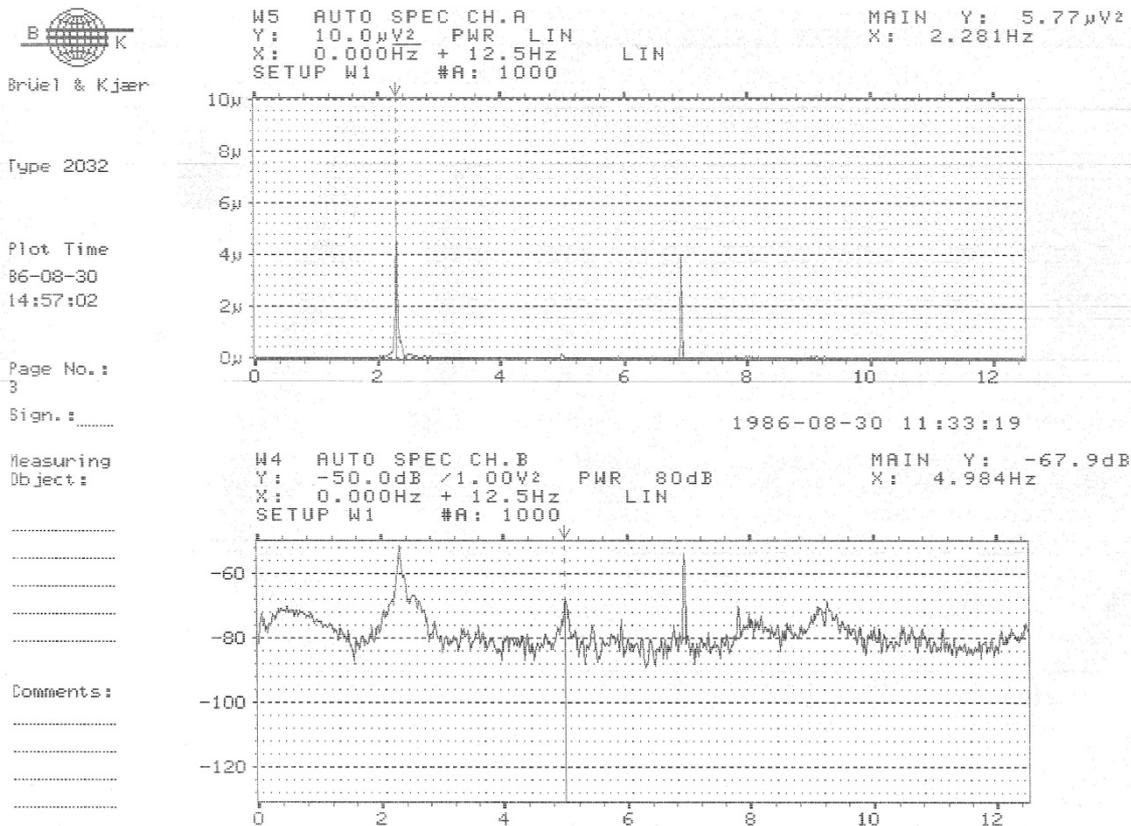


Figure A-159 : E300486-1016-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A en linéaire et B en logarithmique.

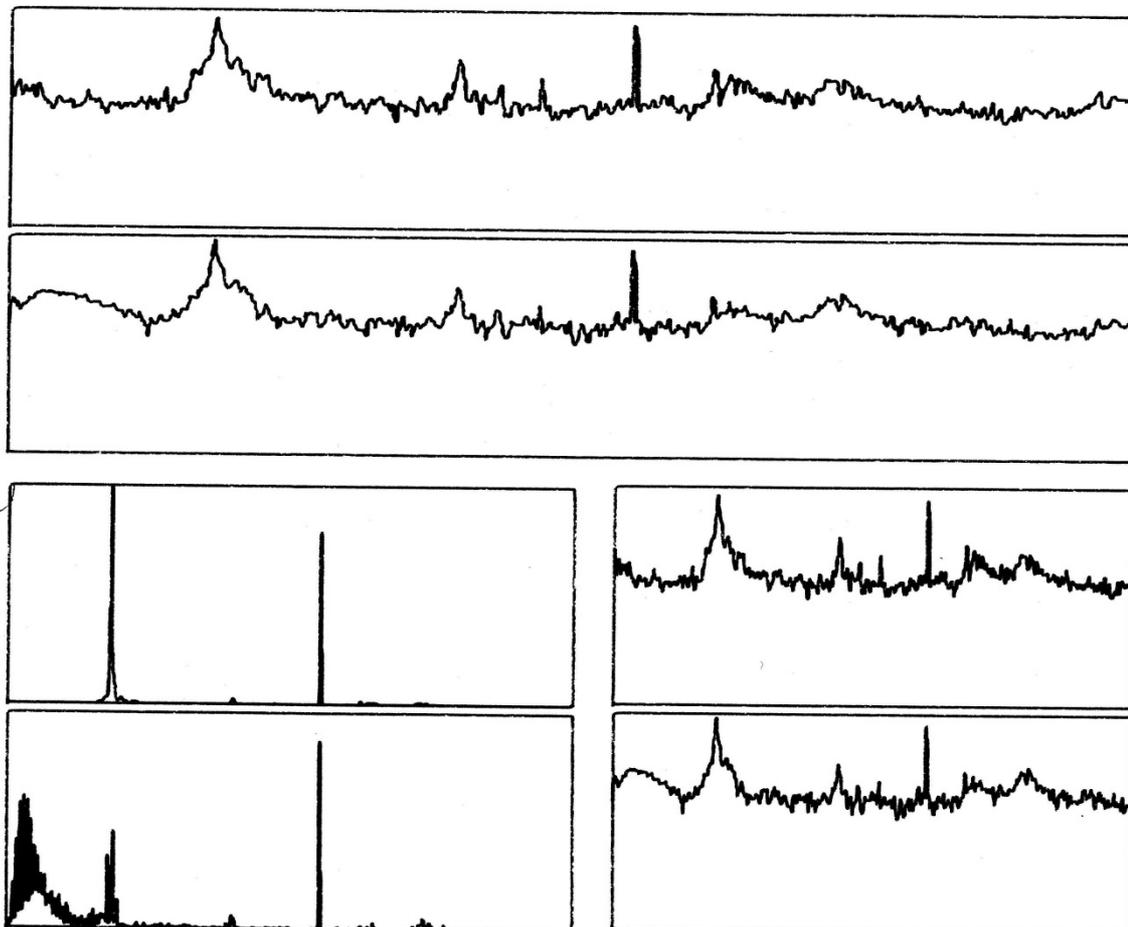


Figure A-160 : E300486-1016-t1

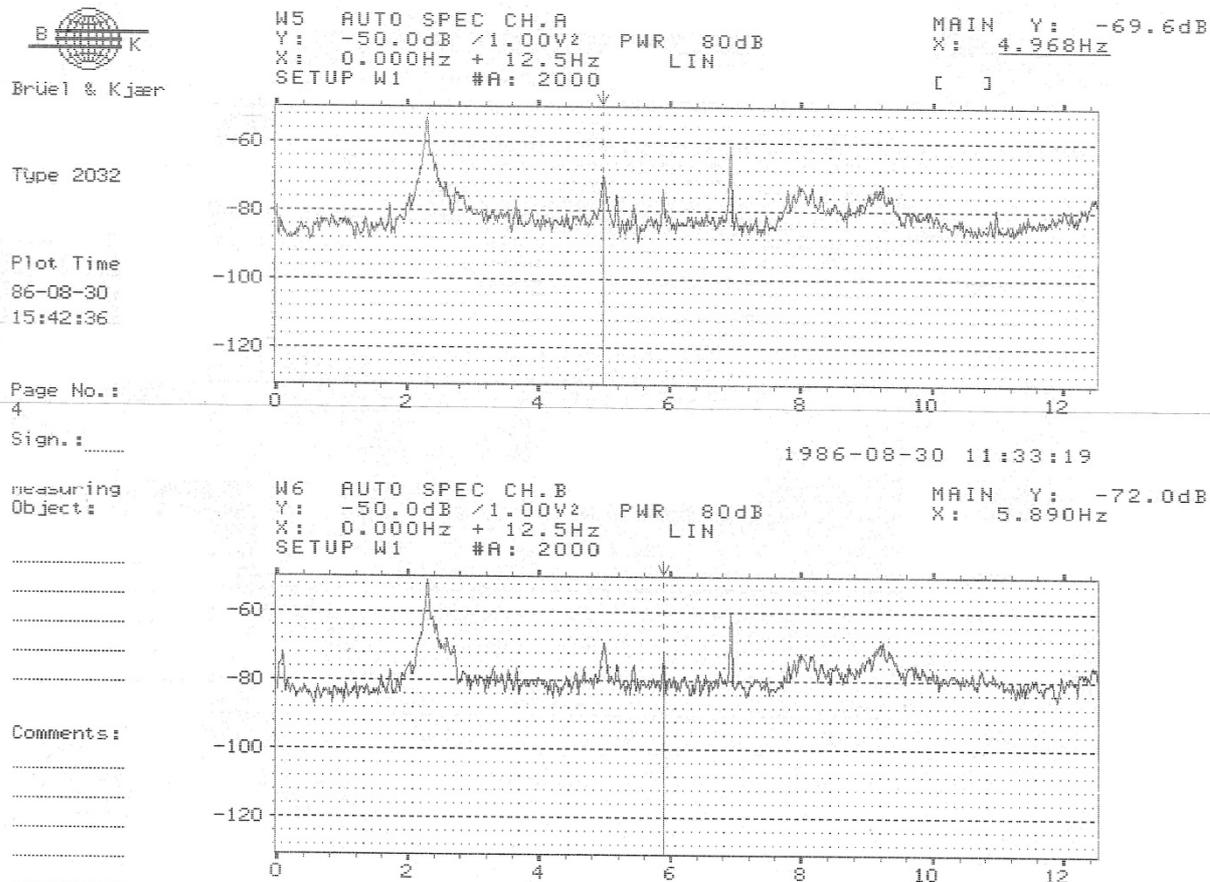


Figure A-161 : E300486-1025-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B en échelle logarithmique.

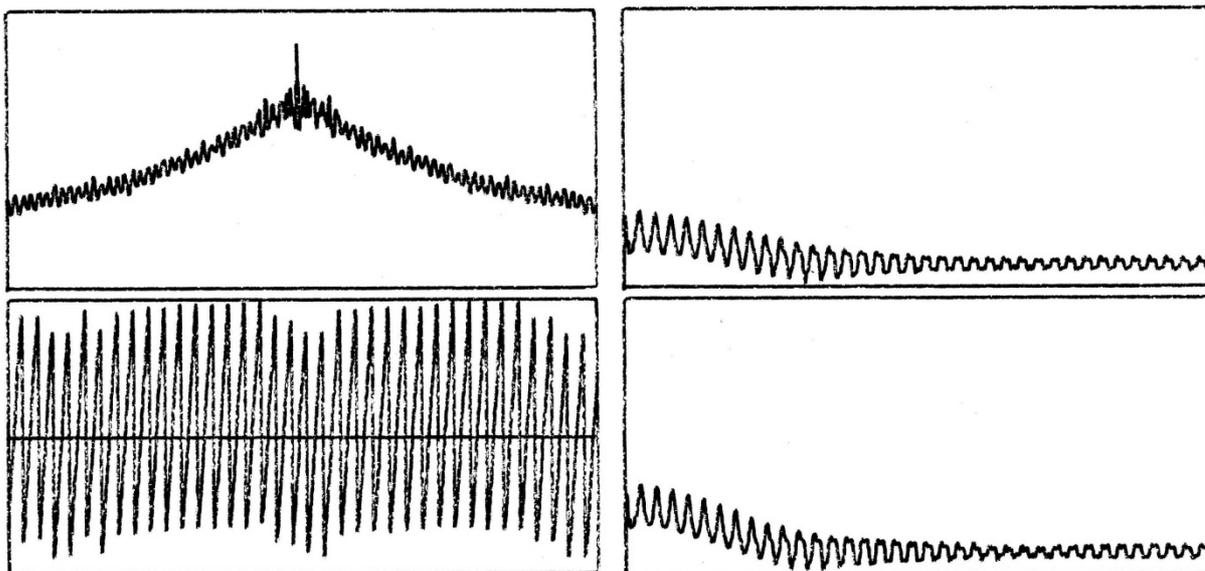


Figure A-162 : E300486-1025-t1

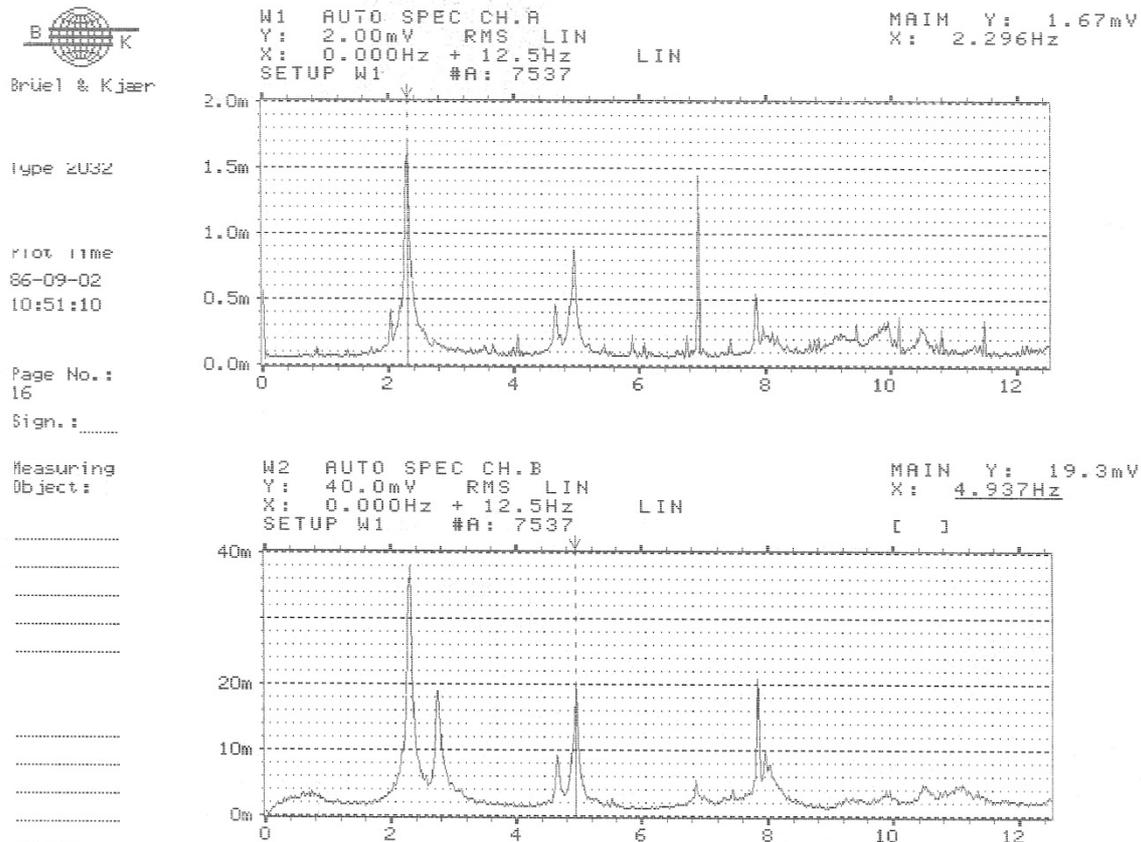


Figure A-163 : E300486-1115-A-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle

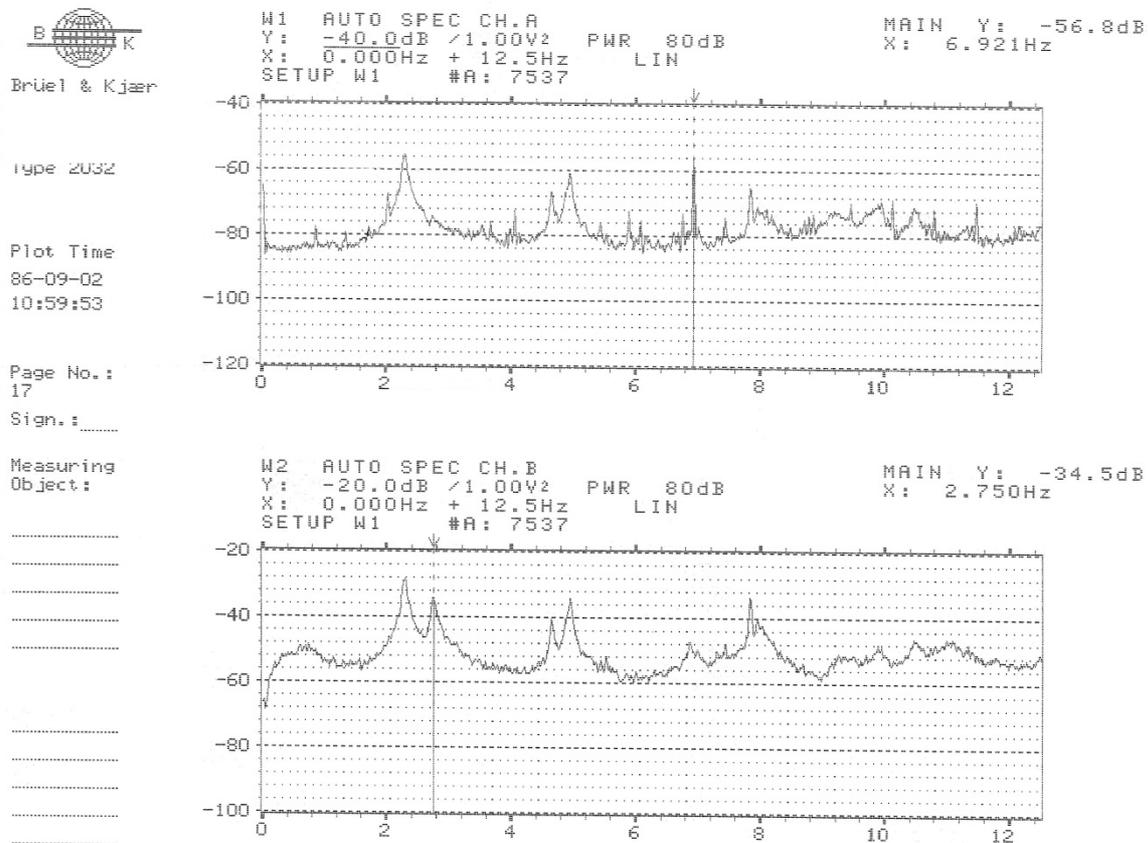


Figure A-164 : E300486-1115-A-2. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.

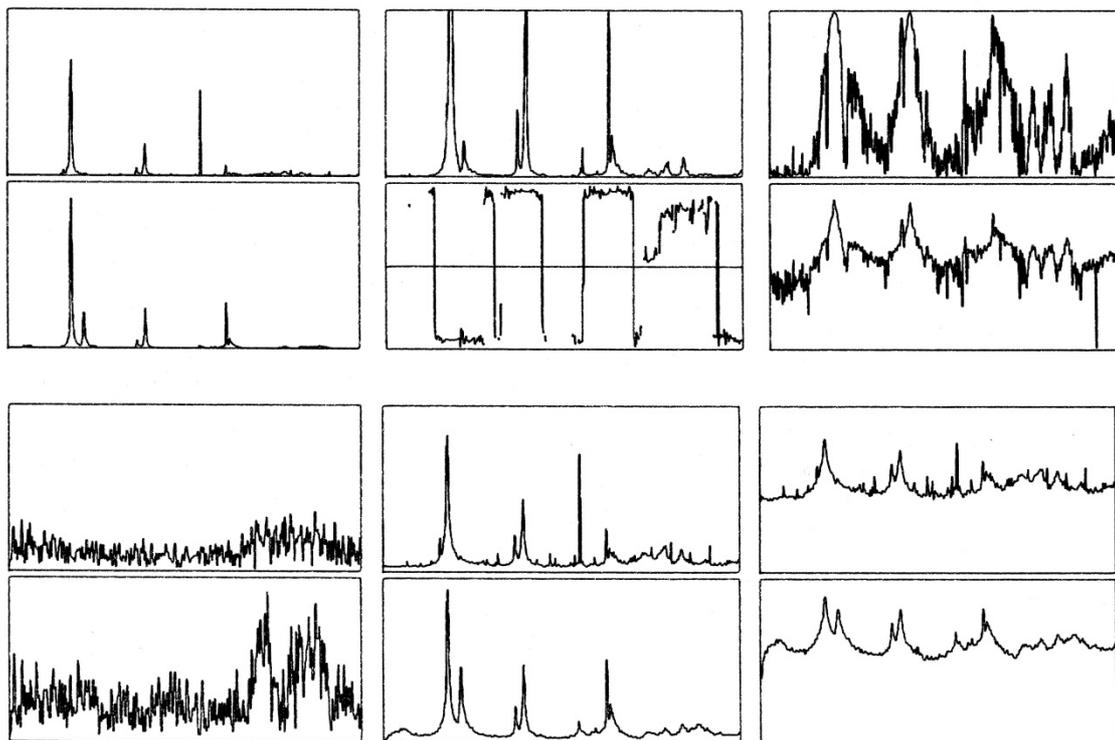


Figure A-165 : E300486-1115-A-t1

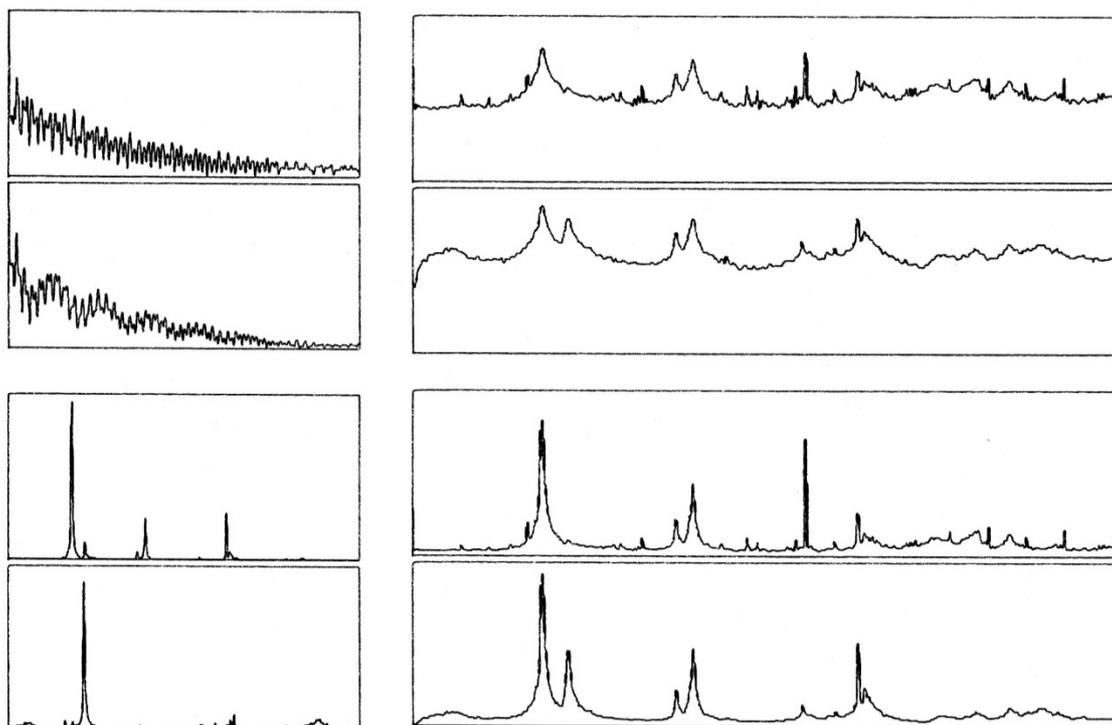


Figure A-166 : E300486-1115-A-t2

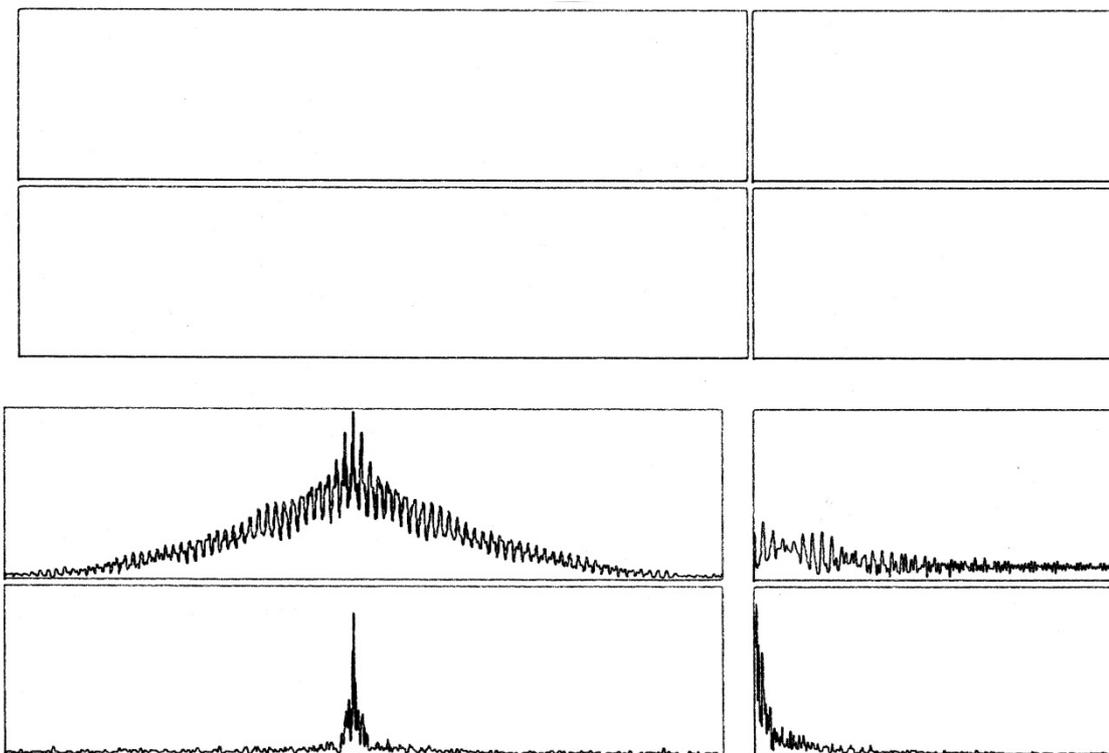


Figure A-167 : E300486-1115-A-t3

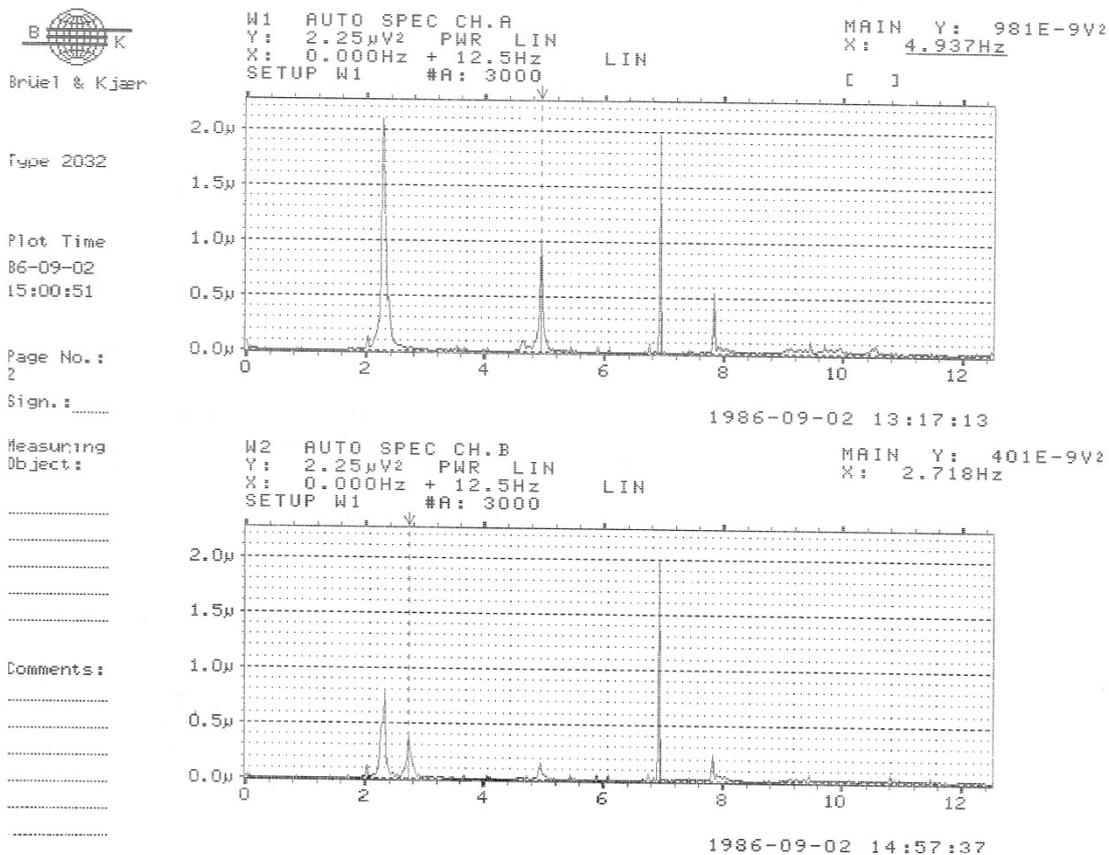


Figure A-168 : E300486-1115-B-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle linéaire.

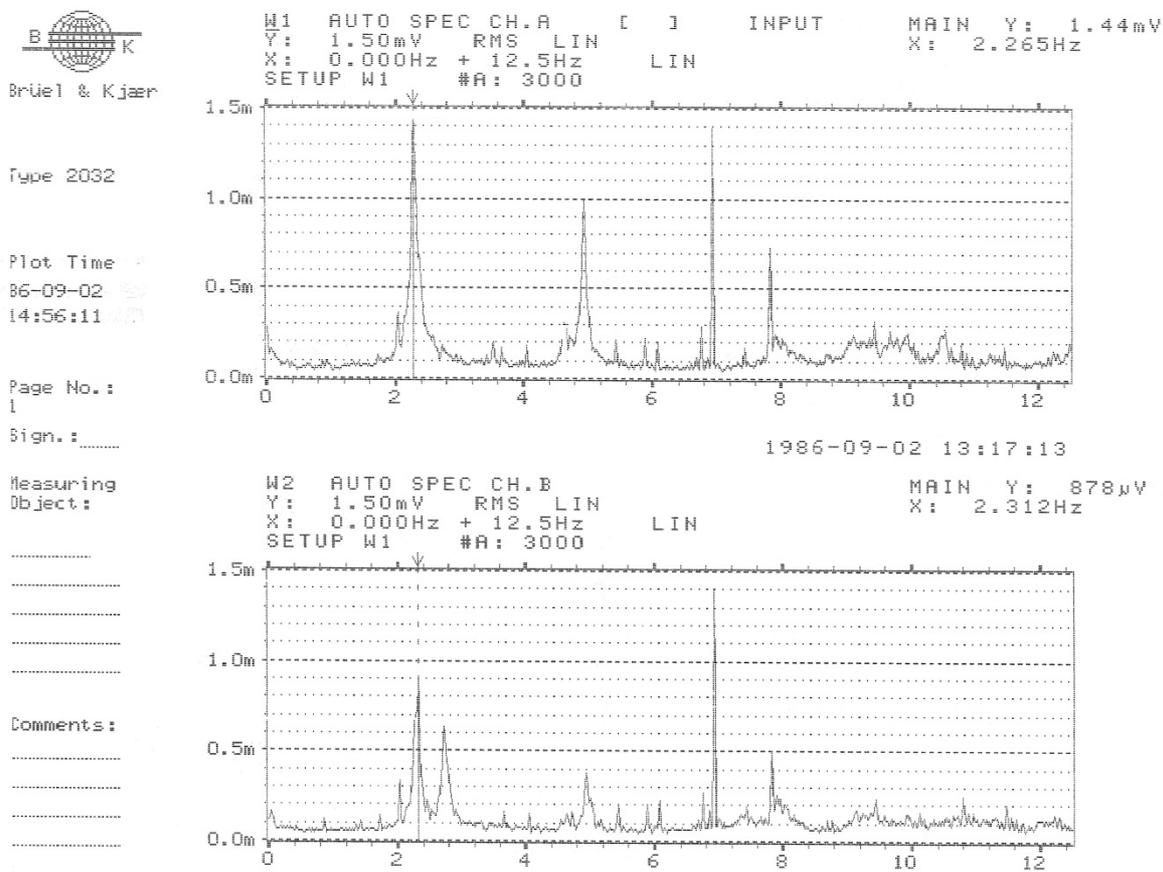


Figure A-169 : E300486-1115-B-2. Spectres fréquentsiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-01
13:29:20

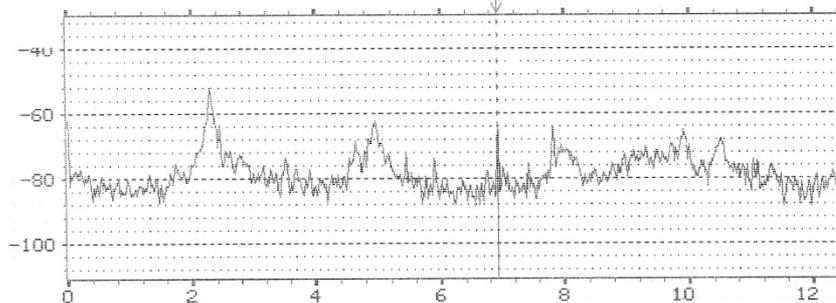
Page No. :
13

Sign. : _____

Measuring
Object :

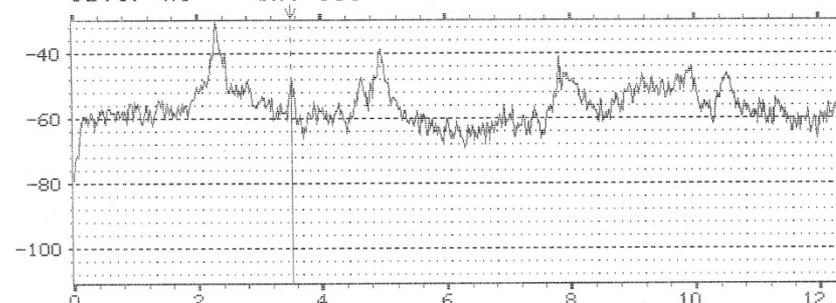
Comments :

W5 AUTO SPEC CH.A
Y: -30.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 500
MAIN Y: -62.5dB
X: 6.921Hz



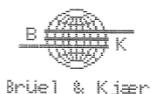
1986-09-01 11:30:29

W6 AUTO SPEC CH.B
Y: -30.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 500
MAIN Y: -47.6dB
X: 3.515Hz



1986-09-01 11:58:56

Figure A-170 : E040586-1547-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-01
11:41:23

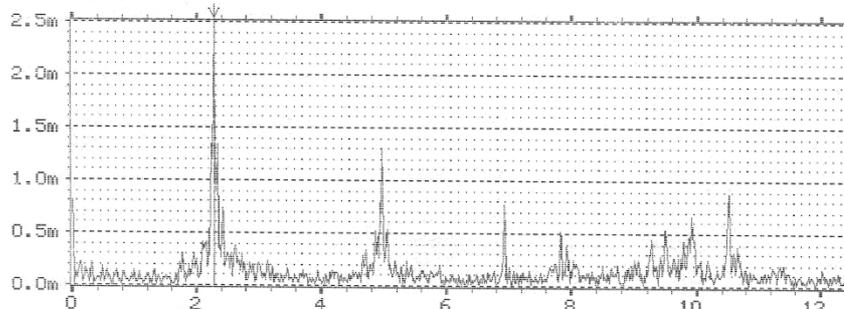
Page No. :
11

Sign. : _____

Measuring
Object :

Comments :

W3 INST SPEC CH.A MAG
Y: 2.50mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1
MAIN Y: 2.81mV
X: 2.281Hz



1986-09-01 11:30:2

W4 INST SPEC CH.B
Y: 25.0mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 500
MAIN Y: 32.6mV
X: 2.281Hz

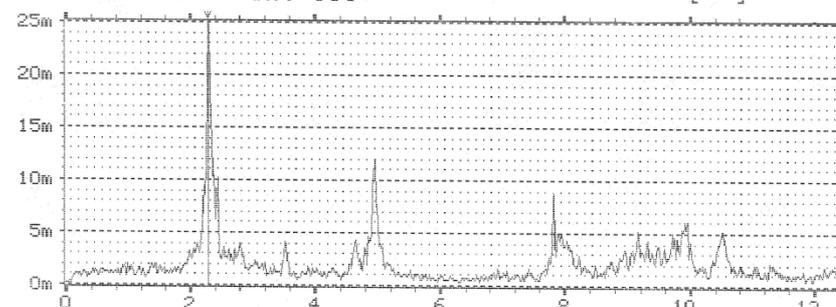


Figure A-171 : E040586-1547-2. Spectres instantanés aux entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

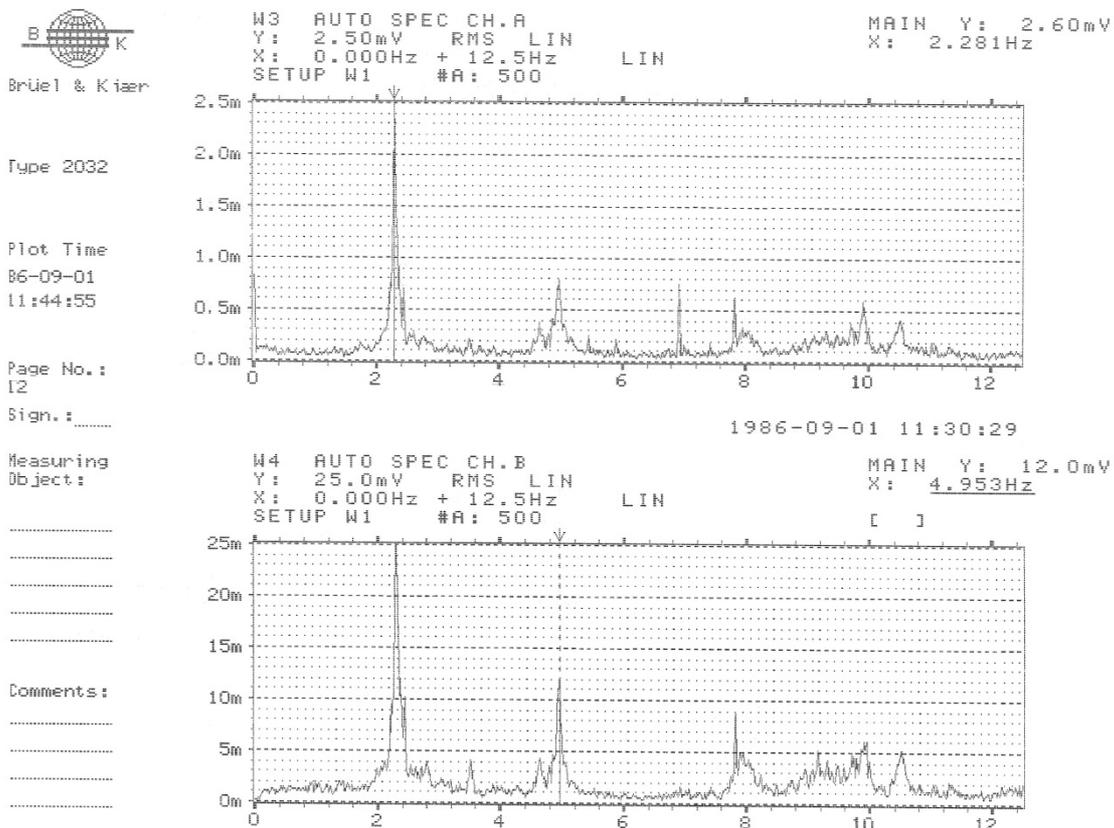


Figure A-172 : E040586-1547-3. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

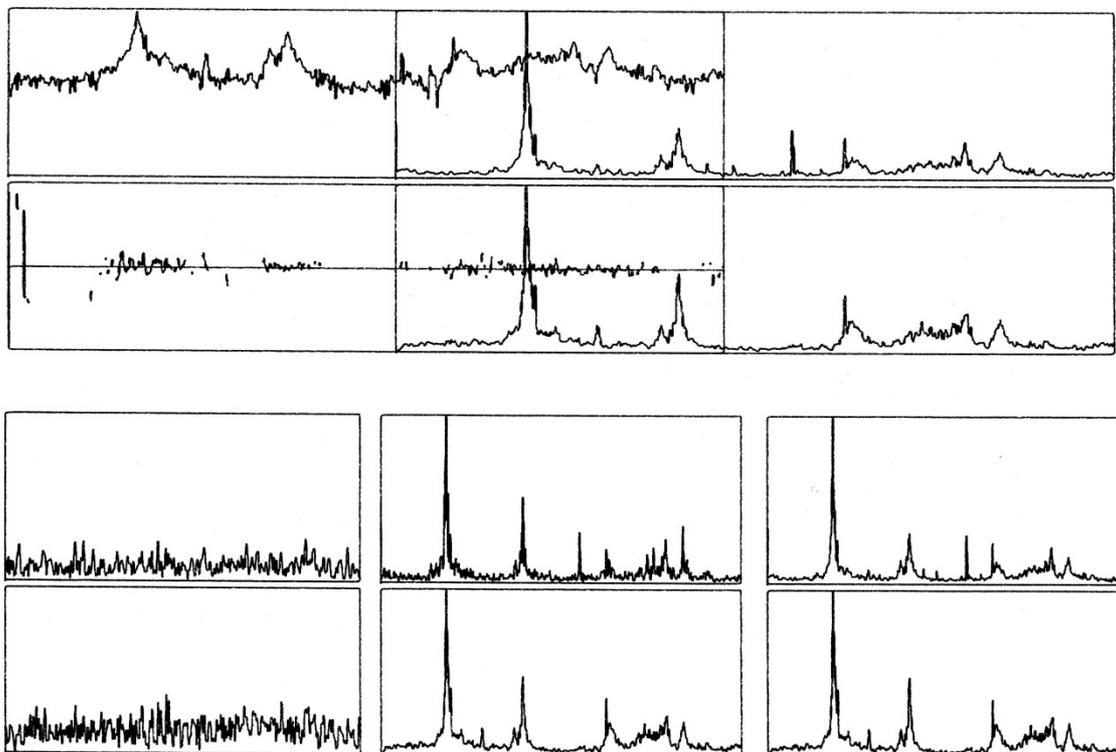


Figure A-173 : E040586-1547-t1

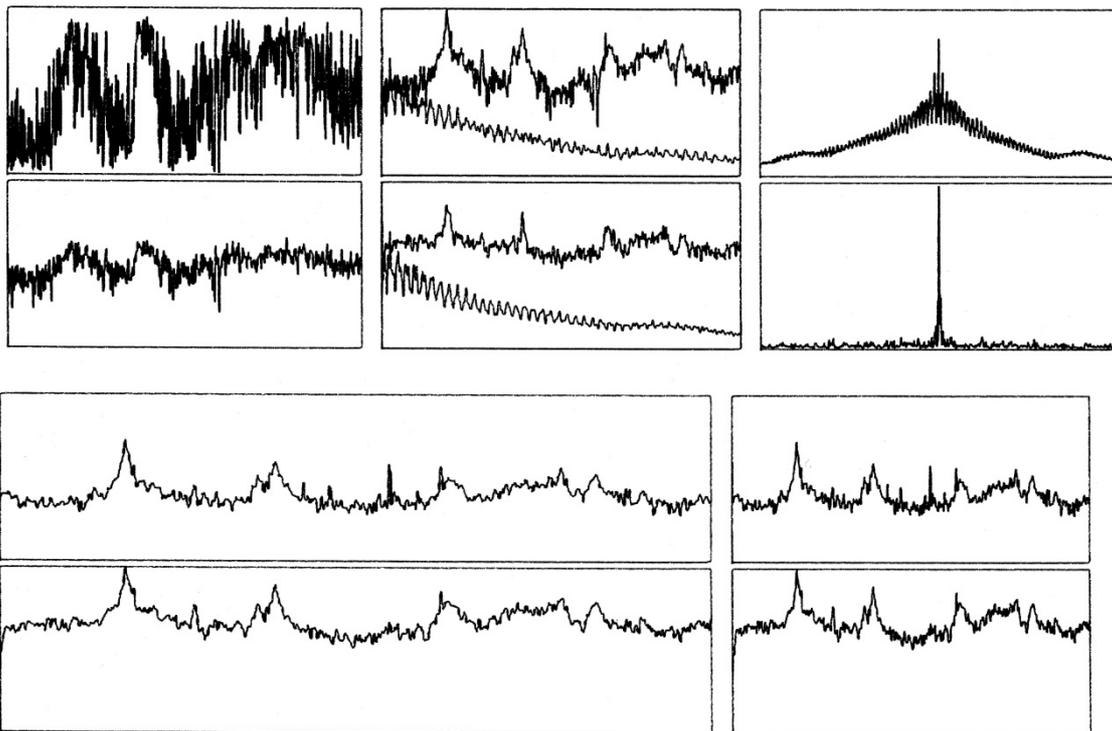


Figure A-174 : E040586-1547-t2



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-01
15:20:49

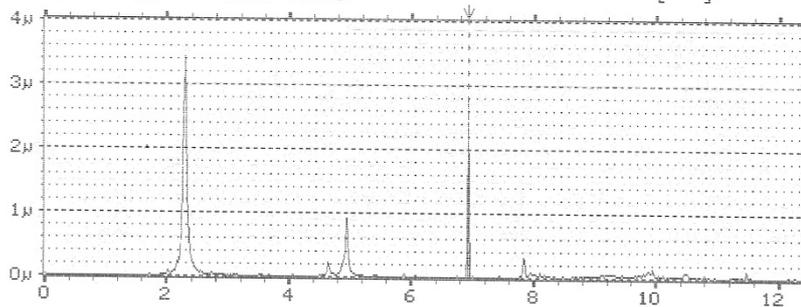
Page No.:
15

Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W5 AUTO SPEC CH.A
Y: 4.00µV2 PWR LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 6603
MAIN Y: 2.80µV2
X: 6.921Hz



W6 AUTO SPEC CH.B
Y: 4.00µV2 PWR LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 6603
MAIN Y: 328E-9V2
X: 7.812Hz

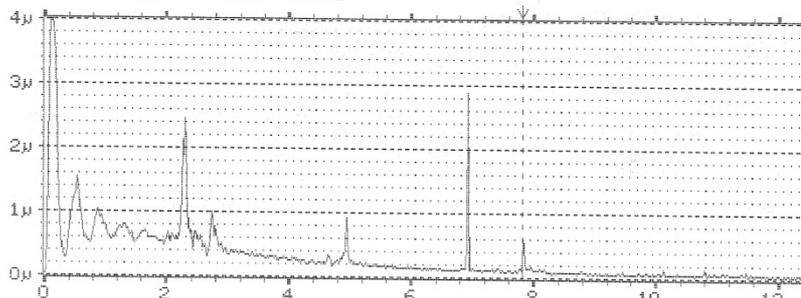
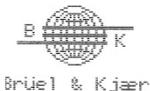


Figure A-175 : E040586-1627-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-01
15:18:40

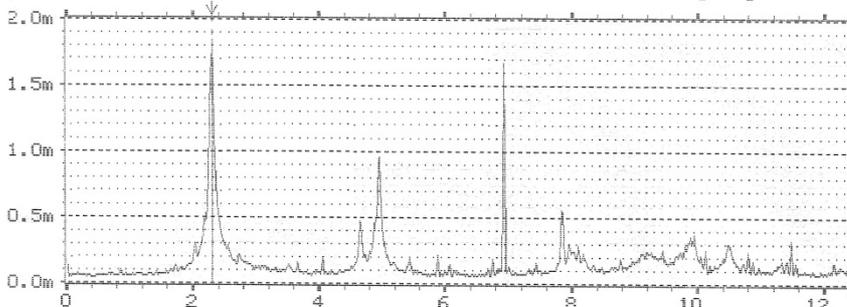
Page No.:
14

Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W5 AUTO SPEC CH.A
Y: 2.00mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 6603
MAIN Y: 1.85mV
X: 2.296Hz



W6 AUTO SPEC CH.B
Y: 2.00mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 6603
MAIN Y: 943µV
X: 4.937Hz

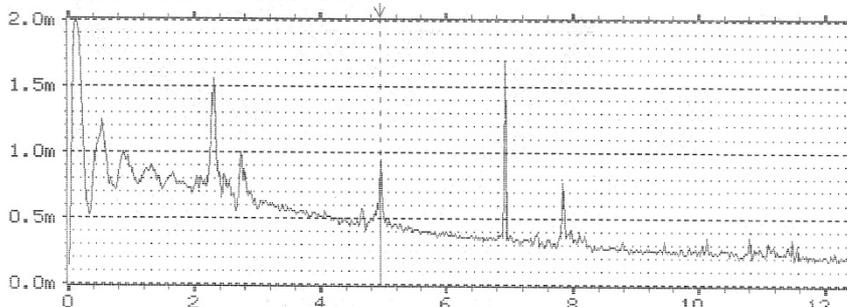


Figure A-176 : E040586-1627-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

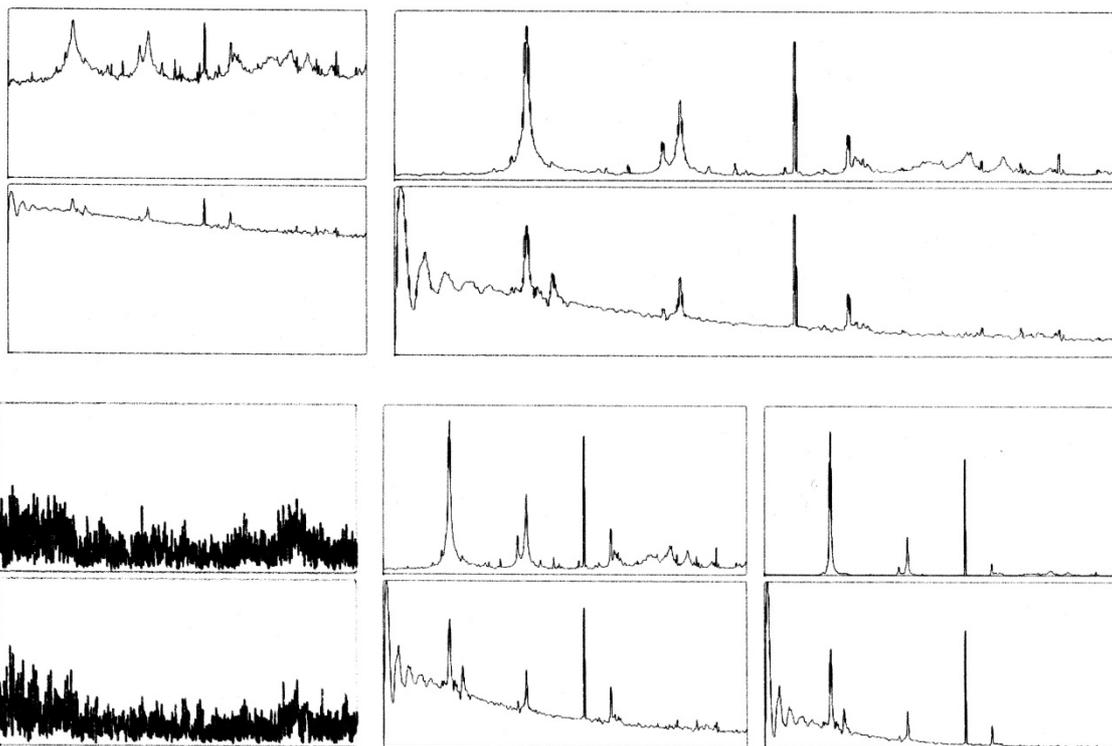


Figure A-177 : E040586-1627-t1

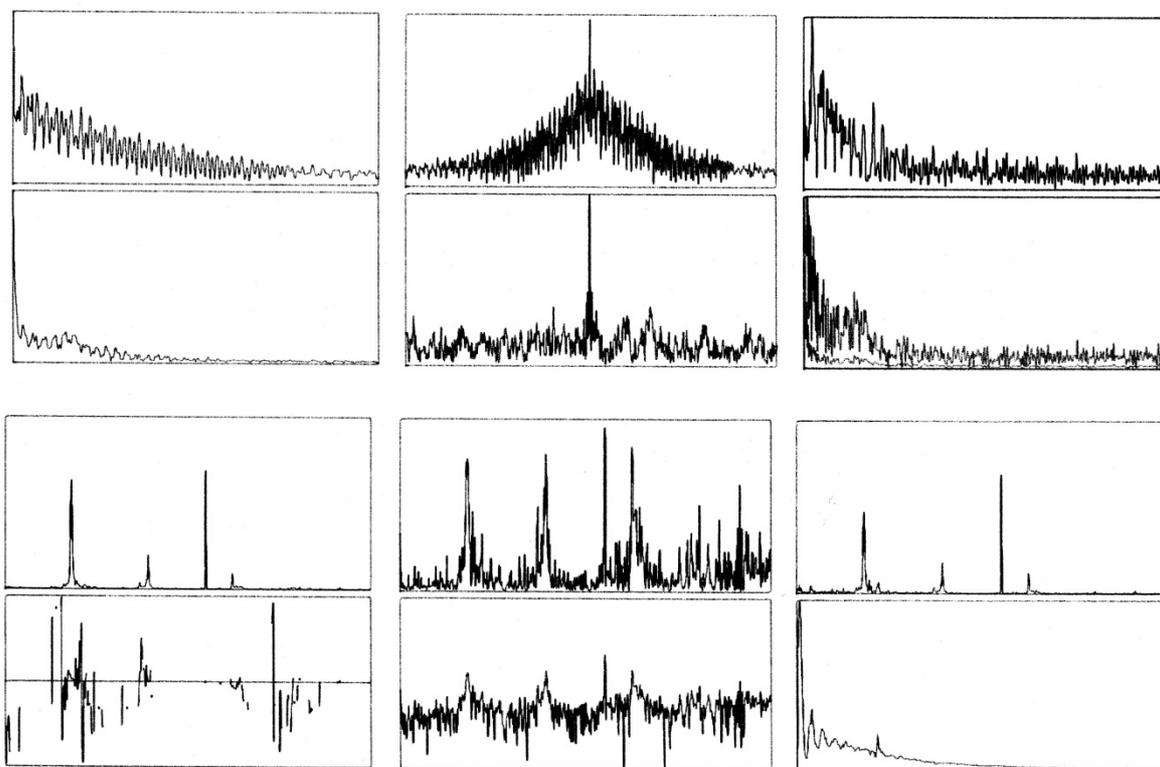


Figure A-178 : E040586-1627-t2



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-06
16:05:59

Page No.:
6

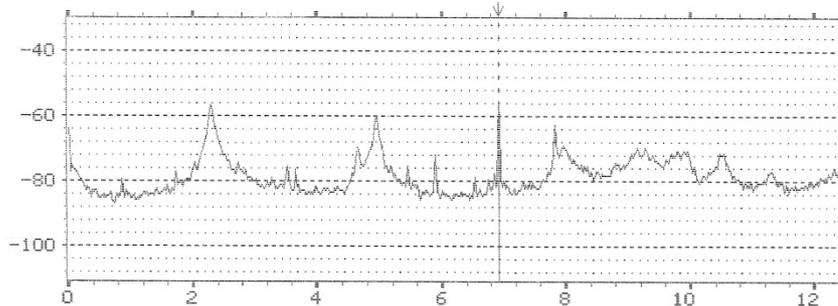
Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -30.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000

MAIN Y: -56.5dB
X: 6.921Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: -30.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000

MAIN Y: -41.3dB
X: 7.812Hz

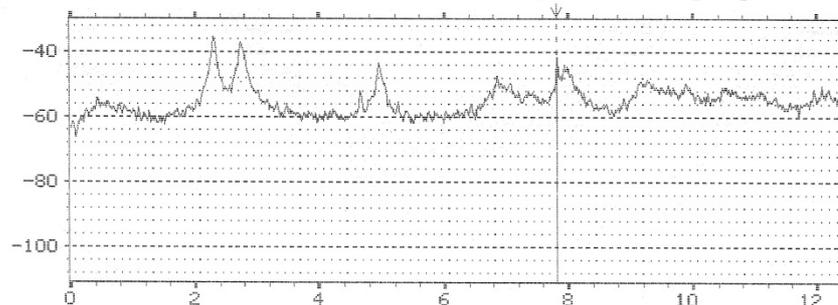
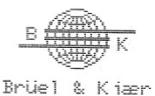


Figure A-179 : E040586-1716-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-06
15:56:57

Page No.:
5

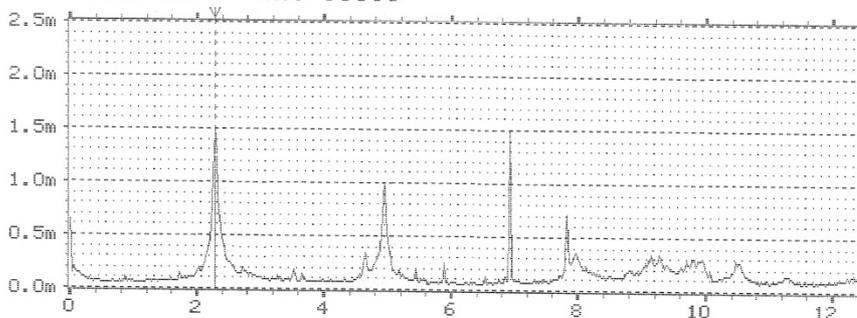
Sign.:

Measuring
Object:

Comments:

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 2.50mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000

MAIN Y: 1.49mV
X: 2.281Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 25.0mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000

MAIN Y: 14.7mV
X: 2.734Hz

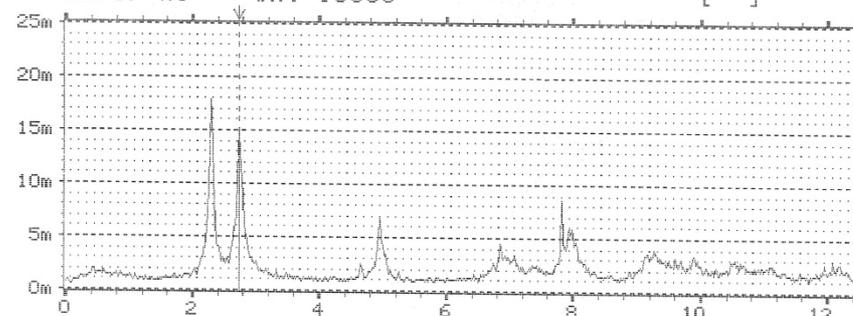


Figure A-180 : E040586-1716-2. Spectres fréquentsiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-07
15:24:58

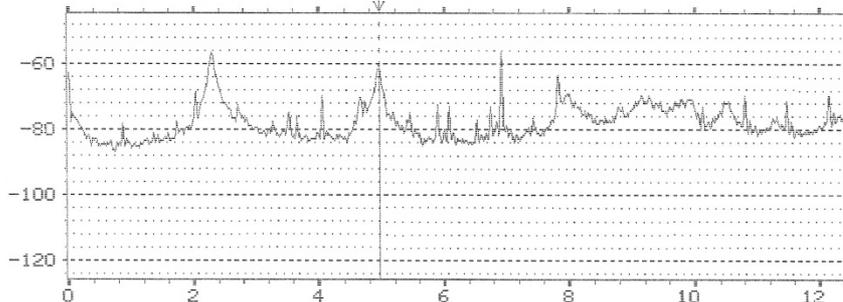
Page No.:
2

Sign.: _____

Measuring
Object:

Comments:

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -45.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
MAIN Y: -61.0dB
X: 4.953Hz



W2 AUTO SPEC CH.B [] INPUT
Y: -45.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
MAIN Y: -56.0dB
X: 6.921Hz

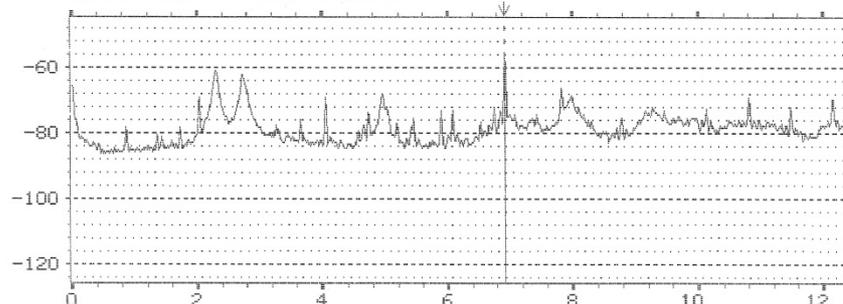
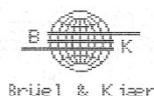


Figure A-181 : E040586-1716-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-07
15:09:39

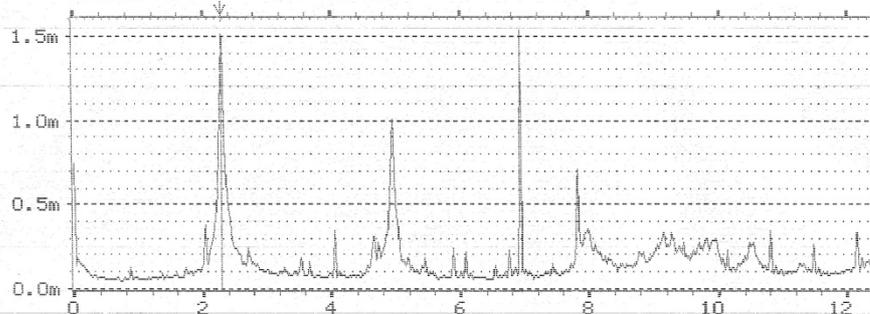
Page No.:
7

Sign.: _____

Measuring
Object:

Comments:

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.60mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
MAIN Y: 1.51mV
X: 2.281Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 1.60mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 10000
MAIN Y: 776µV
X: 2.718Hz

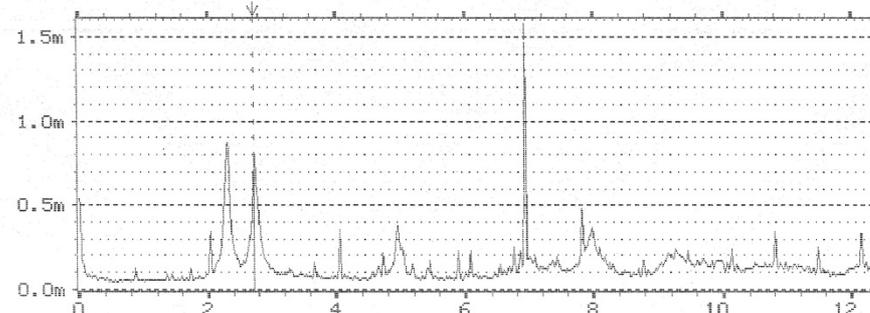


Figure A-182 : E040586-1716-4. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

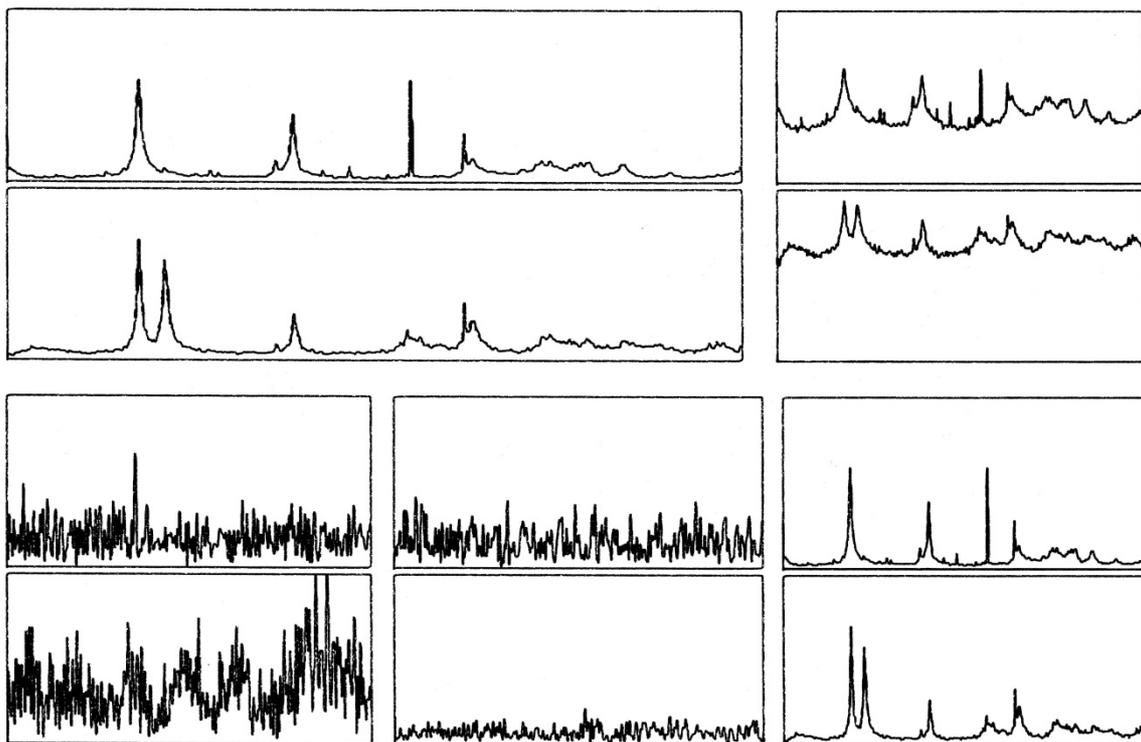


Figure A-183 : E040586-1716-t1

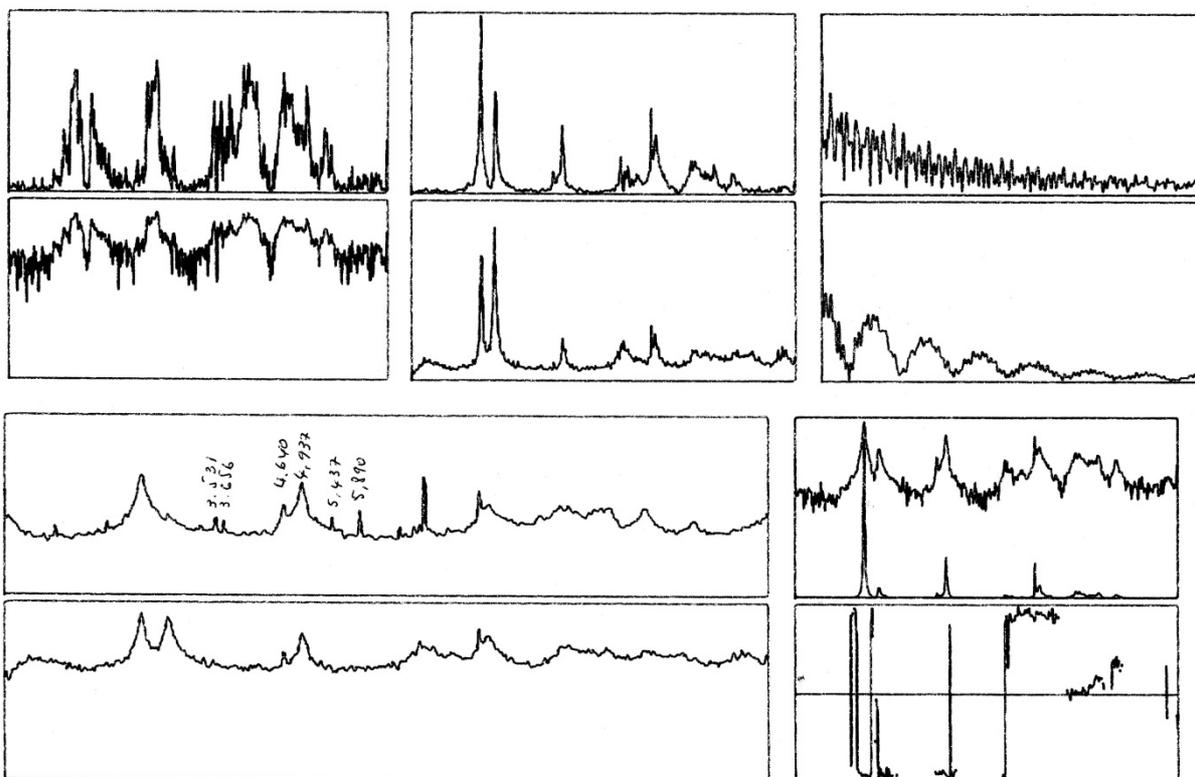


Figure A-184 : E040586-1716-t2

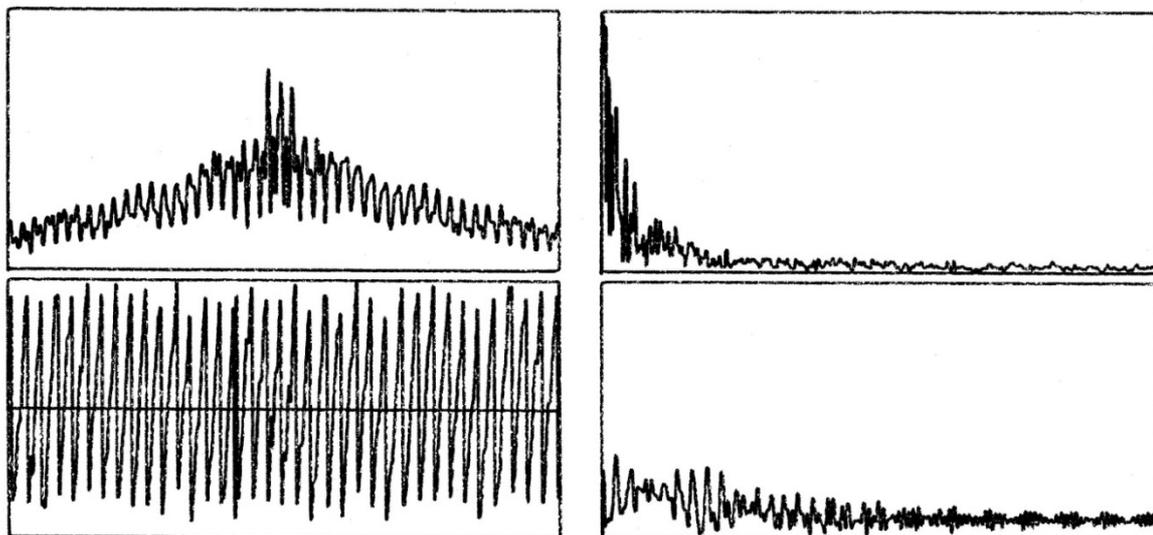


Figure A-185 : E040586-1716-t3

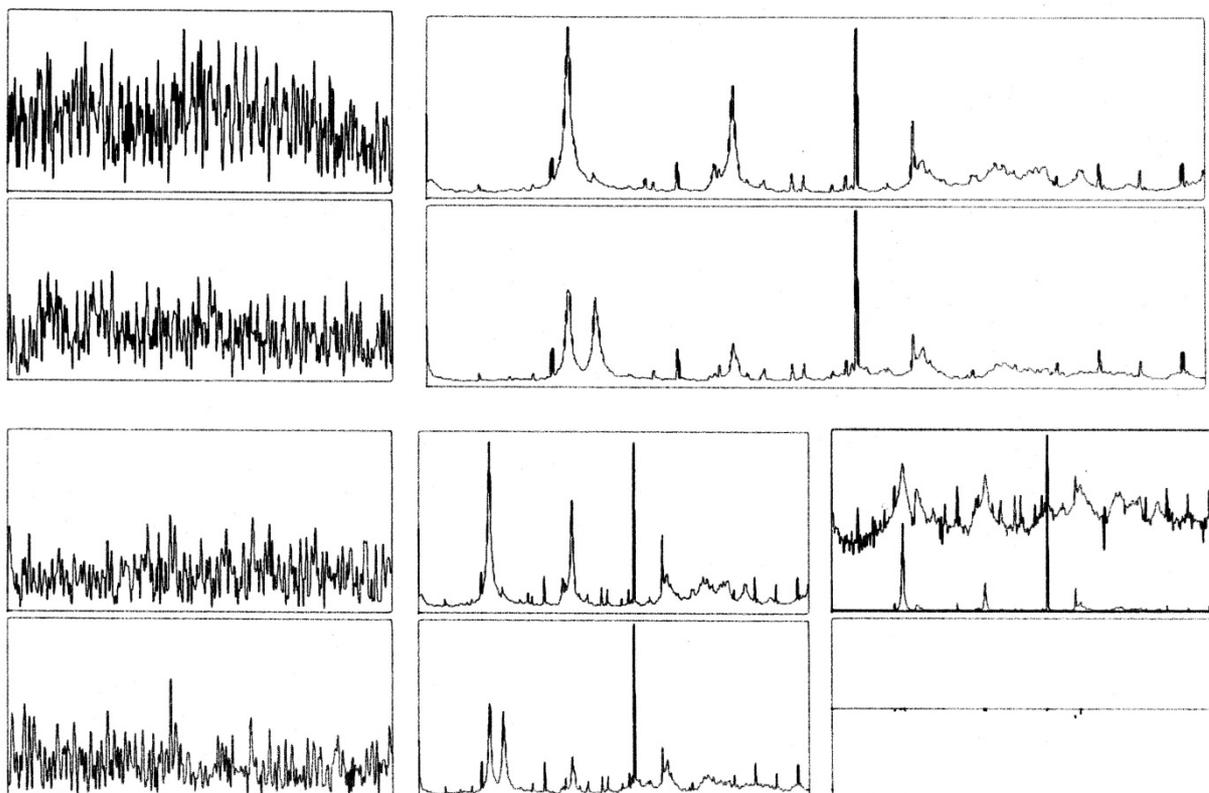


Figure A-186 : E040586-1716-t4

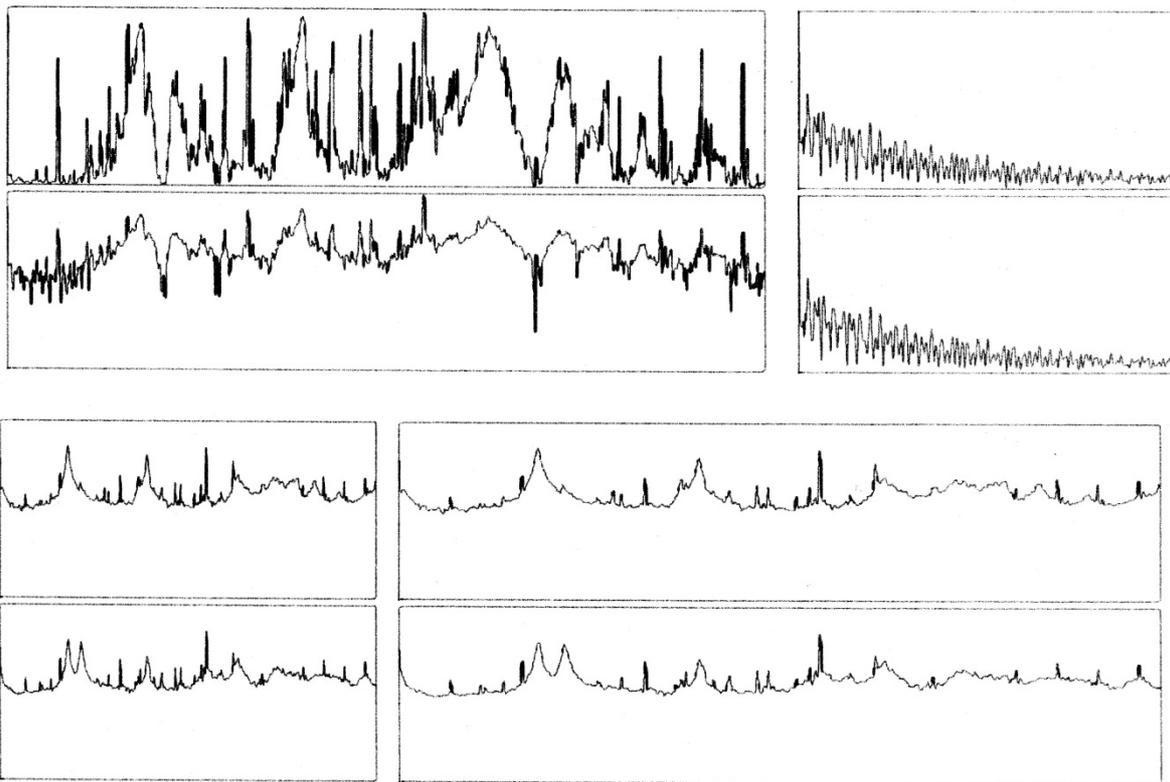
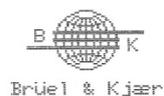


Figure A-187 : E040586-1716-t5



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-09
13:24:09

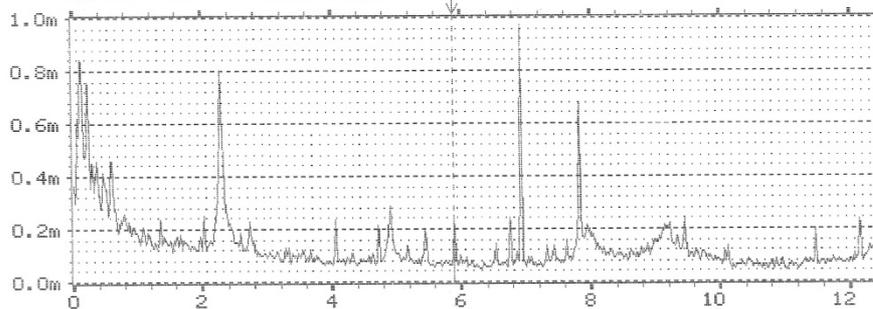
Page No. :
5

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.00mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 229µV
X: 5.890Hz



1986-09-09 11:58:42

W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 30.0mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 10.3mV
X: 9.218Hz

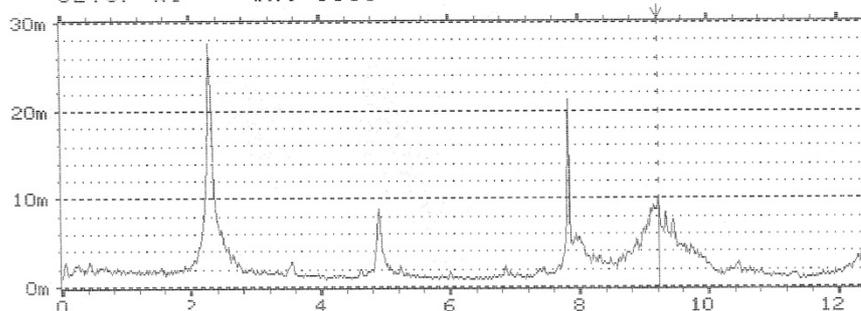


Figure A-188 : E110586-1510-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-09
11:44:08

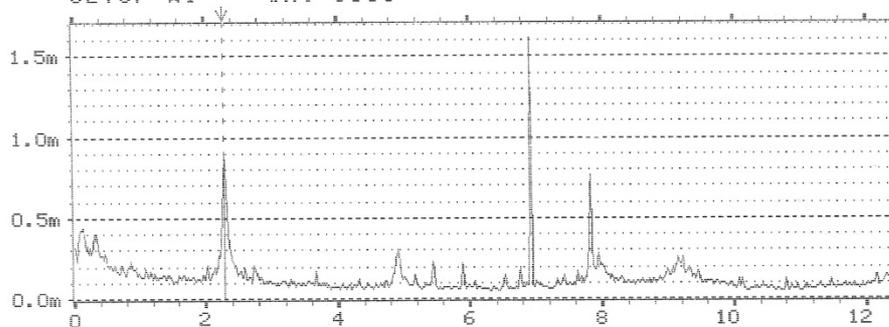
Page No. :
1

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.70mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 905µV
X: 2.281Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 1.70mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 221µV
X: 4.906Hz

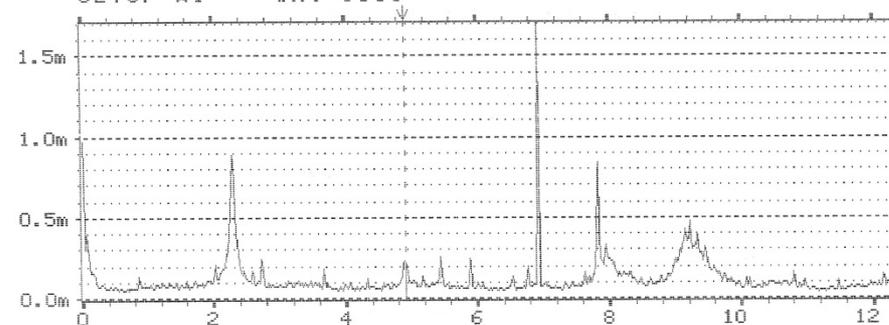


Figure A-189 : E110586-1510-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.



Type 2032

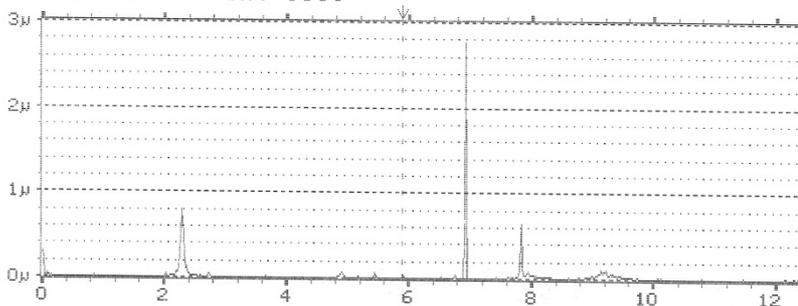
Plot Time
86-09-09
11:56:55

Page No.:
2
Sign.: _____

Measuring Object:

Comments:

W1 CROSS SPEC MAG
Y: 3.00µV² PWR LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 51.9E-9V²
X: 5.890Hz



W2 CROSS SPEC PHASE
Y: -200 TO +200 DEG
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 9.9DEG
X: 5.437Hz

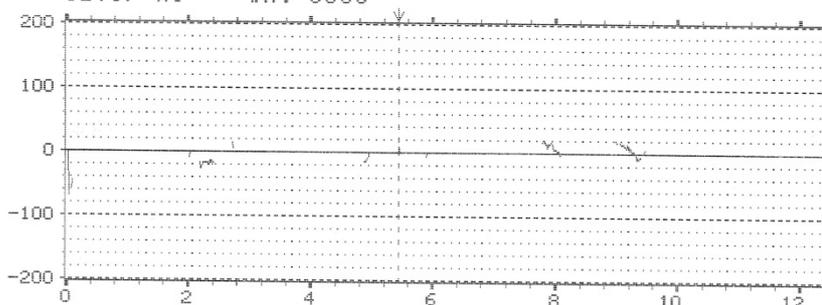
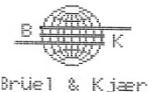


Figure A-190 : E110586-1510-3. Amplitude et phase du spectre croisé des entrées A et B.



Type 2032

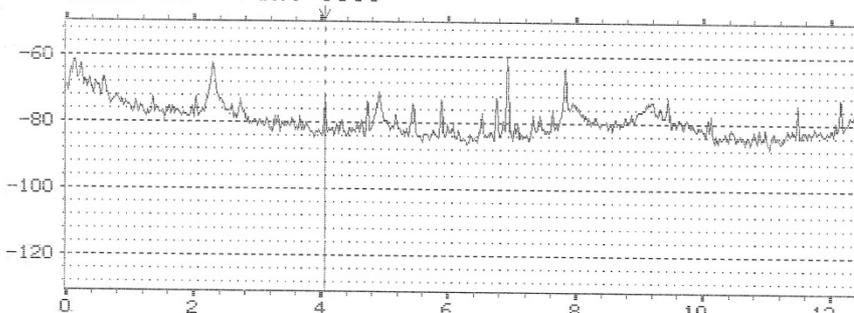
Plot Time
86-09-09
13:19:14

Page No.:
4
Sign.: _____

Measuring Object:

Comments:

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -50.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: -72.5dB
X: 4.046Hz



1986-09-09 11:58:42

W2 AUTO SPEC CH.B
Y: -25.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: -33.4dB
X: 7.828Hz

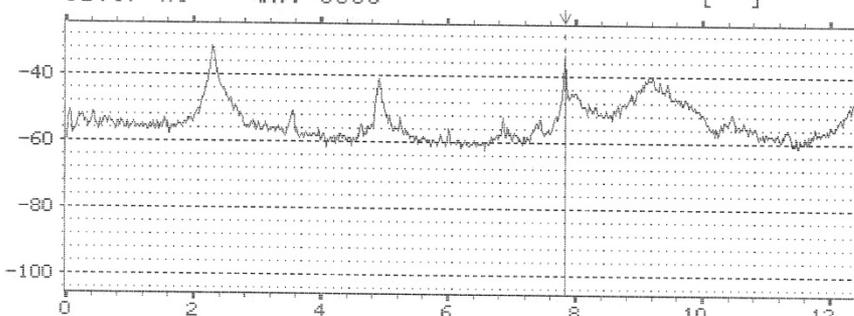


Figure A-191 : E110586-1510-4. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.

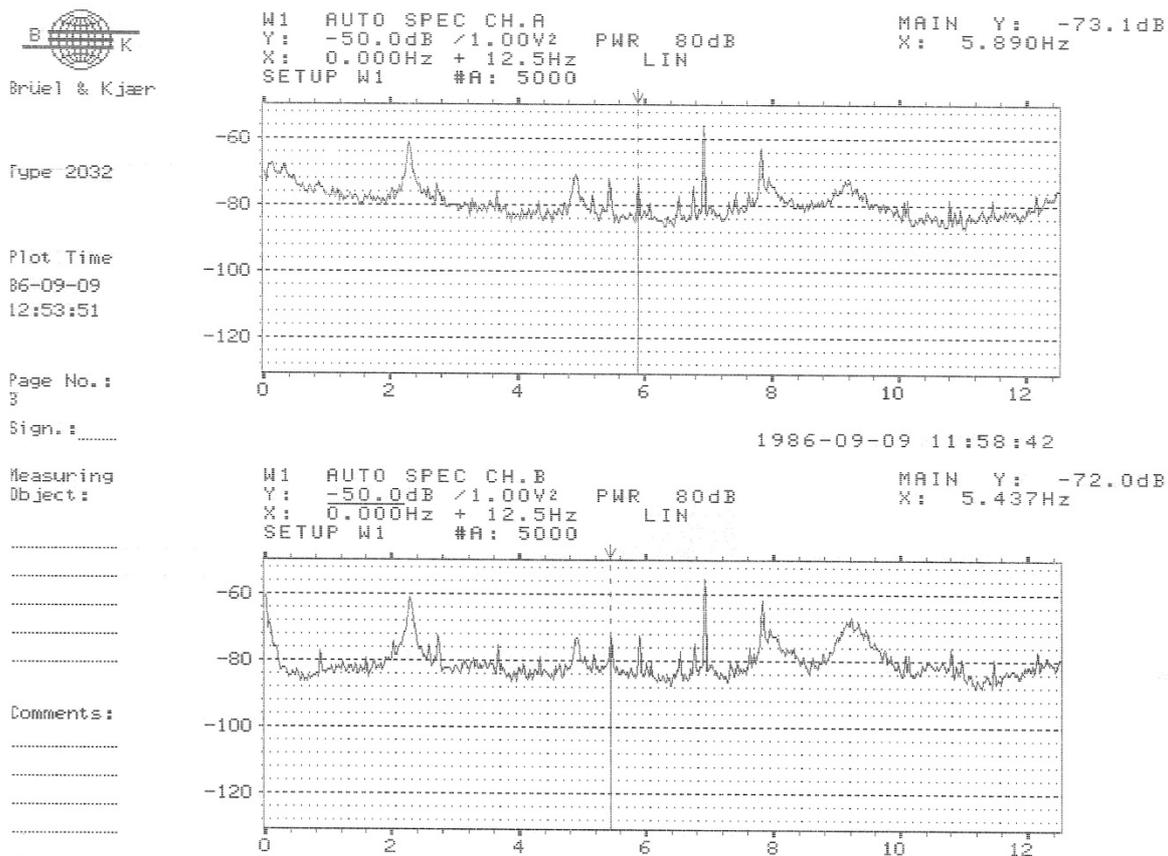


Figure A-192 : E110586-1510-5. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.

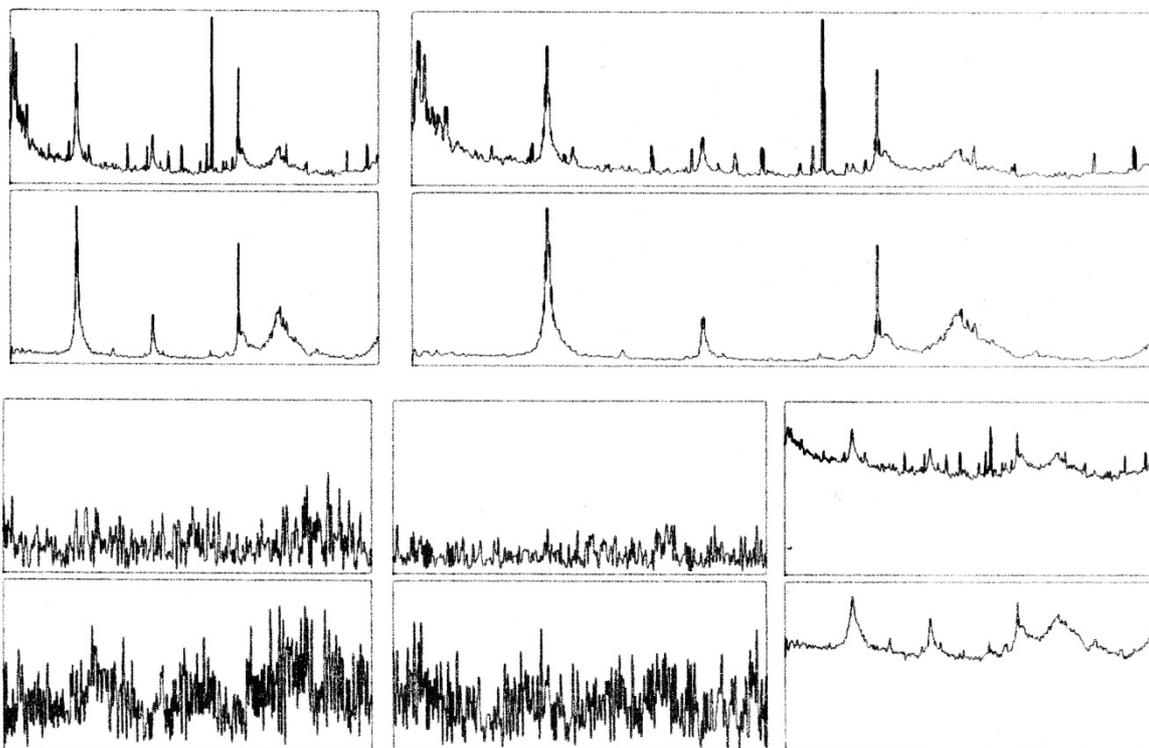


Figure A-193 : E110586-1510-t1

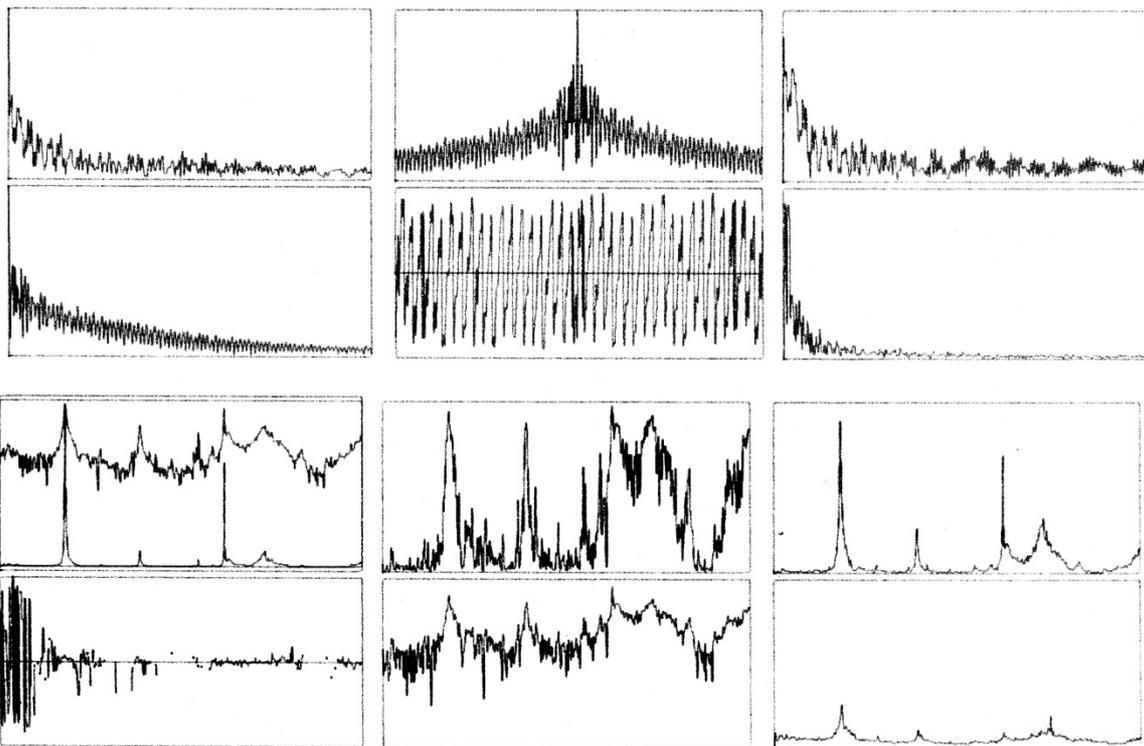


Figure A-194 : E110586-1510-t2

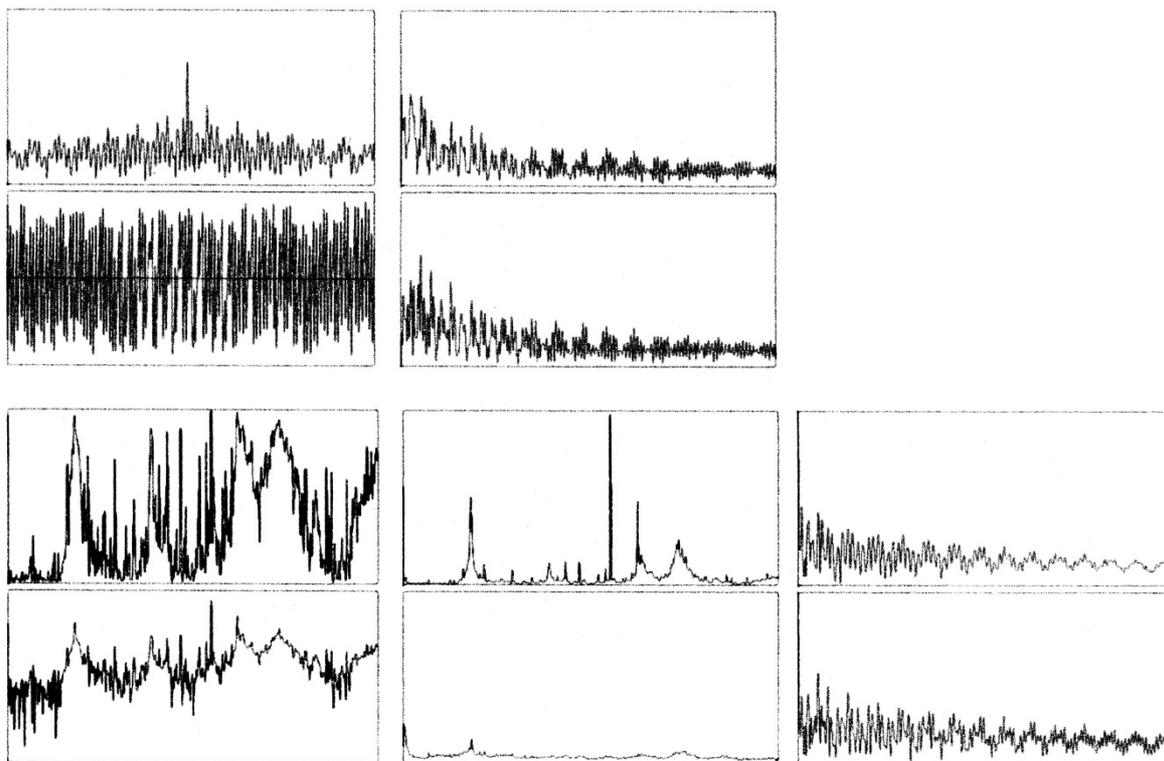


Figure A-195 : E110586-1510-t3

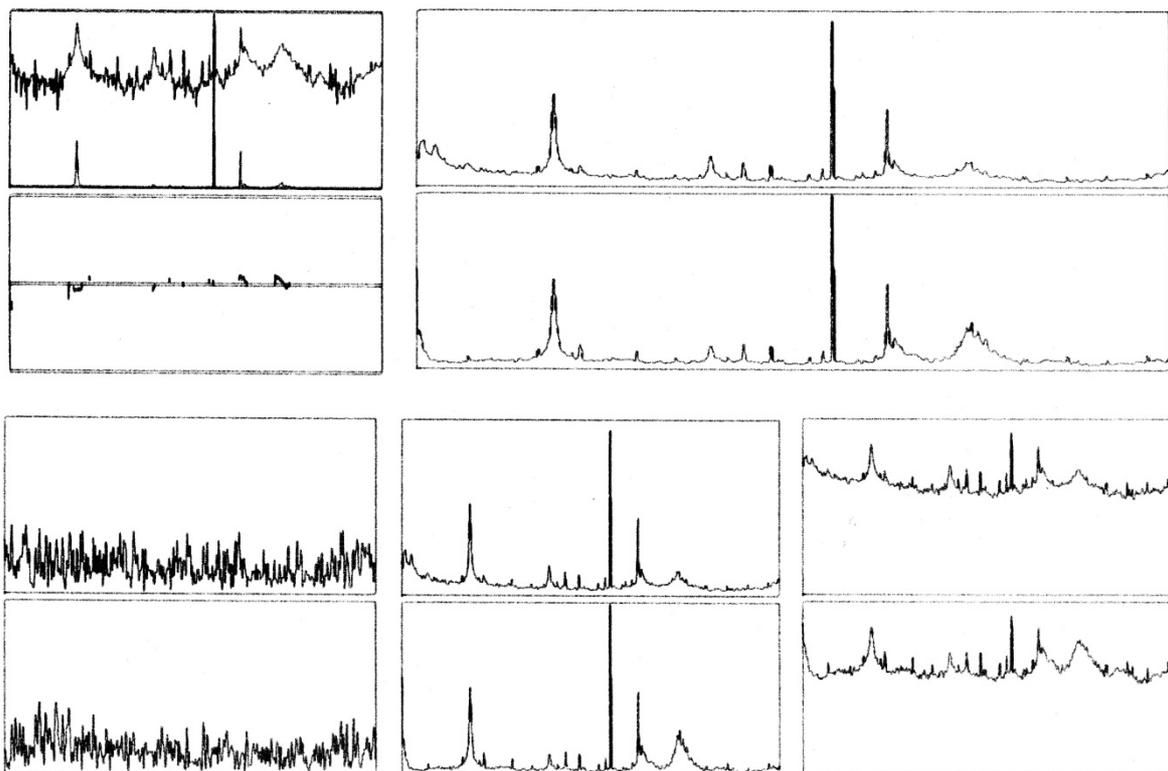


Figure A-196 : E110586-1510-t4



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-08
15:17:49

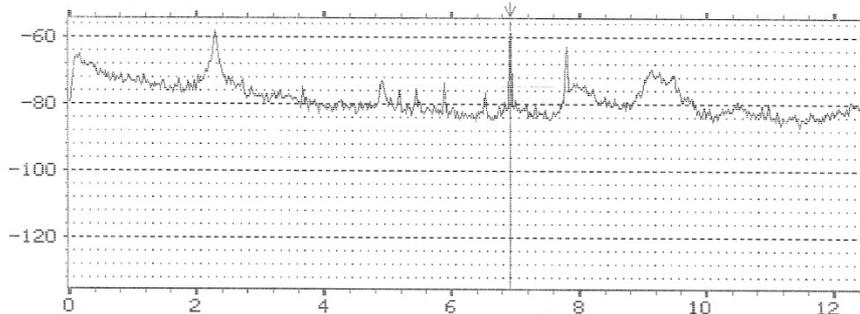
Page No. :
3

Sign. : _____

Measuring
Object : _____

Comments : _____

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: -55.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: -56.5dB
X: 6.921Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: -25.0dB /1.00V² PWR 80dB
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: -35.1dB
X: 7.781Hz

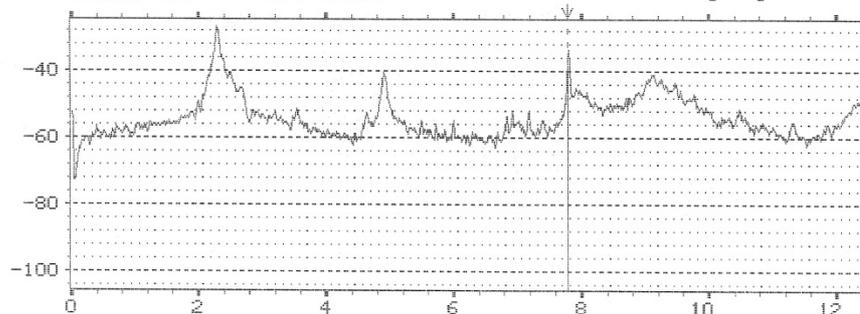


Figure A-197 : E110586-1540-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.



Brüel & Kjær

Type 2032

Plot Time
86-09-08
15:14:22

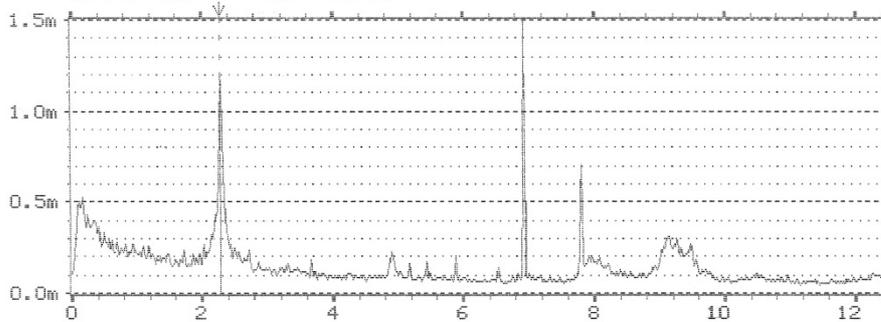
Page No. :
2

Sign. : _____

Measuring
Object : _____

Comments : _____

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.50mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 1.19mV
X: 2.281Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 50.0mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 5000
MAIN Y: 9.55mV
X: 4.890Hz

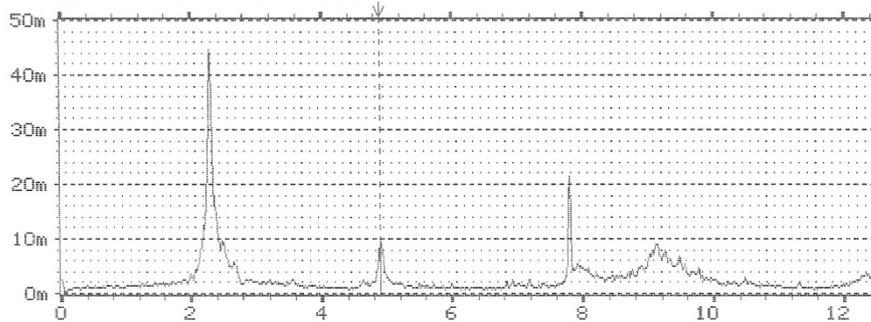


Figure A-198 : E110586-1540-2. Spectres fréquentsiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.



Brüel & Kjaer

Type 2032

Plot Time
86-09-07
16:06:52

Page No. :
1

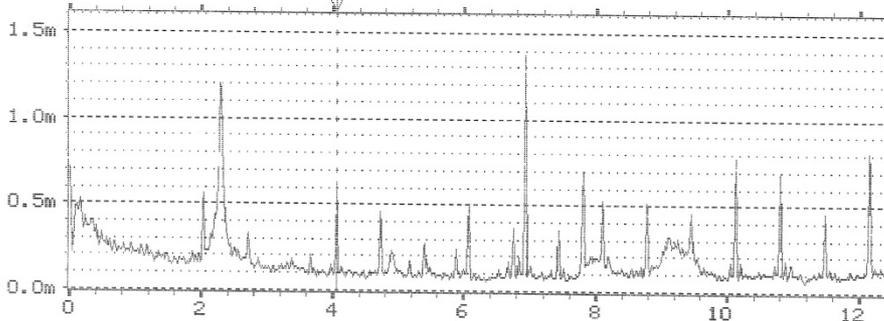
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.60mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz
SETUP W1 #A: 5000

MAIN Y: 627µV
X: 4.046Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 1.60mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz
SETUP W1 #A: 5000

MAIN Y: 498µV
X: 4.718Hz

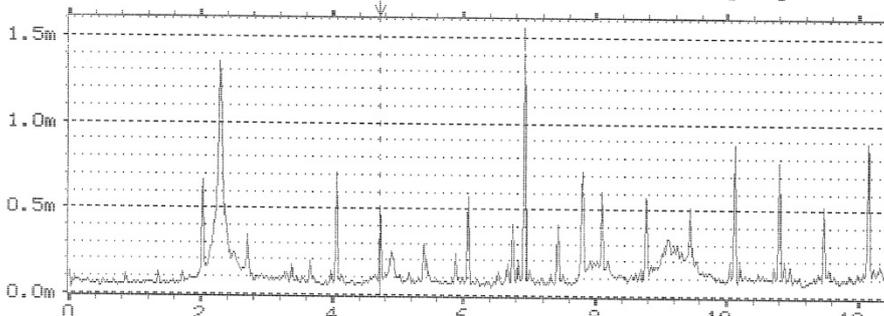
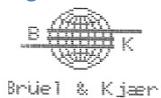


Figure A-199 : E110586-1540-3. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.



Brüel & Kjaer

Type 2032

Plot Time
86-09-07
16:06:52

Page No. :
1

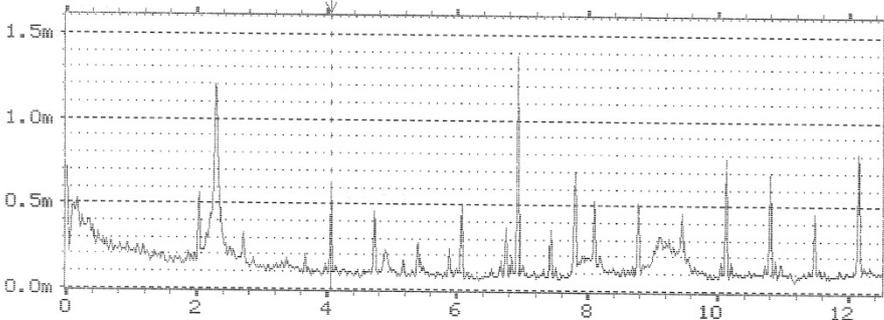
Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 1.60mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz
SETUP W1 #A: 5000

MAIN Y: 627µV
X: 4.046Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 1.60mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz
SETUP W1 #A: 5000

MAIN Y: 498µV
X: 4.718Hz

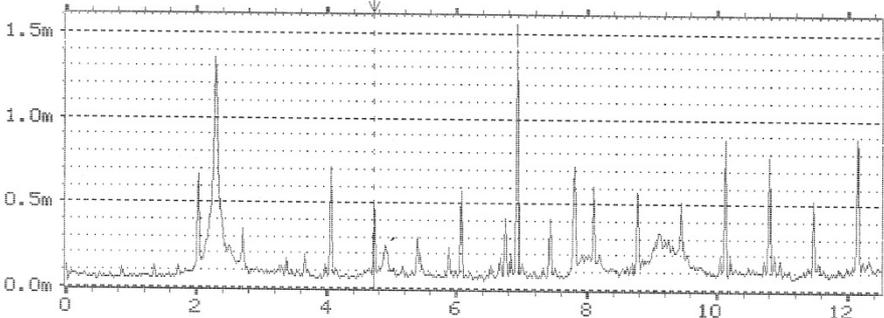


Figure A-200 : E110586-1540-4. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

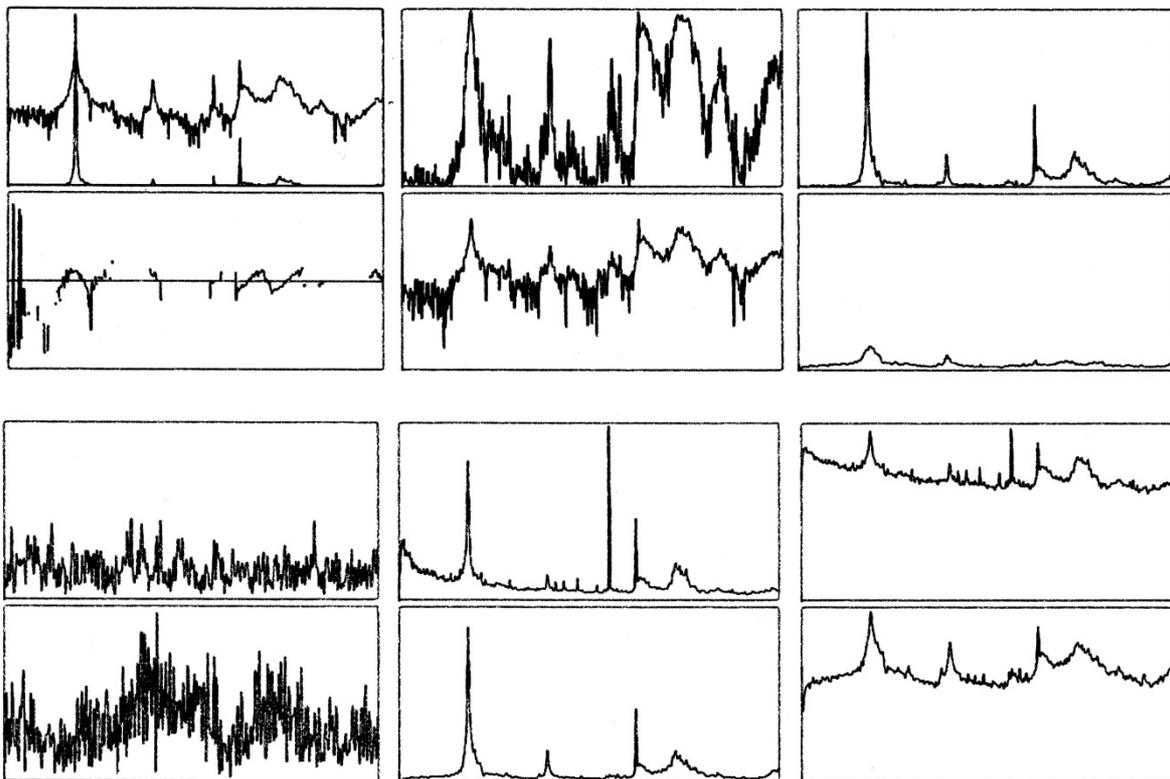


Figure A-201 : E110586-1540-t1

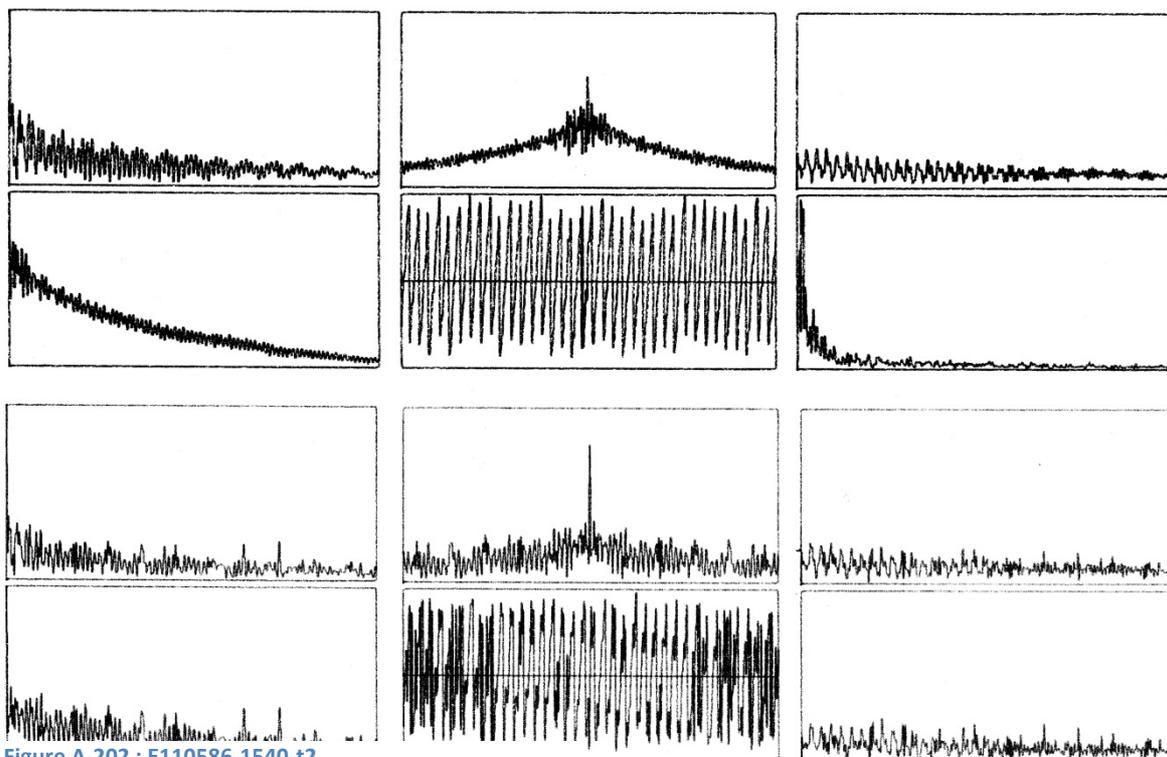


Figure A-202 : E110586-1540-t2

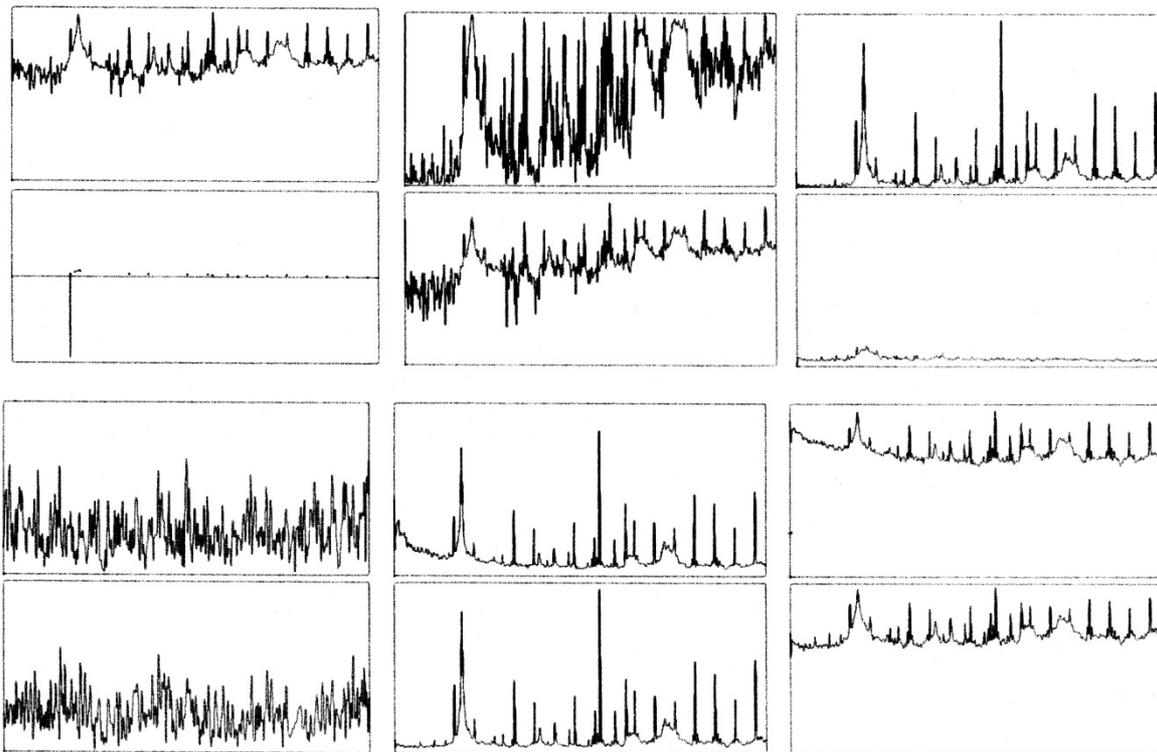
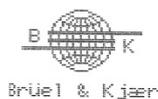


Figure A-203 : E110586-1540-t3



Briel & Kjaer

Type 2032

Plot Time
86-09-08
16:52:12

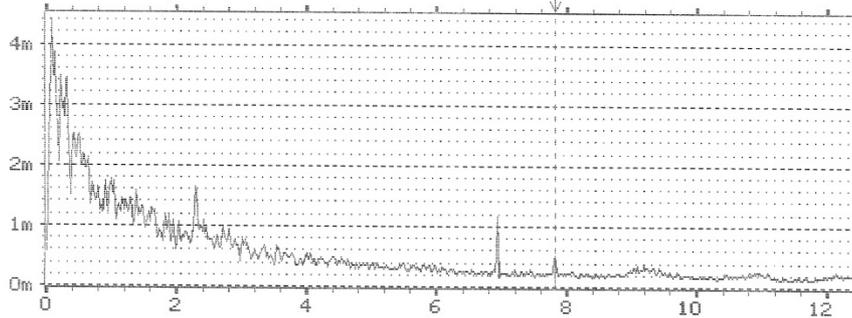
Page No. :
5

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 4.50mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 4000
MAIN Y: 498µV
X: 7.812Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 45.0mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 4000
MAIN Y: 8.76mV
X: 4.890Hz

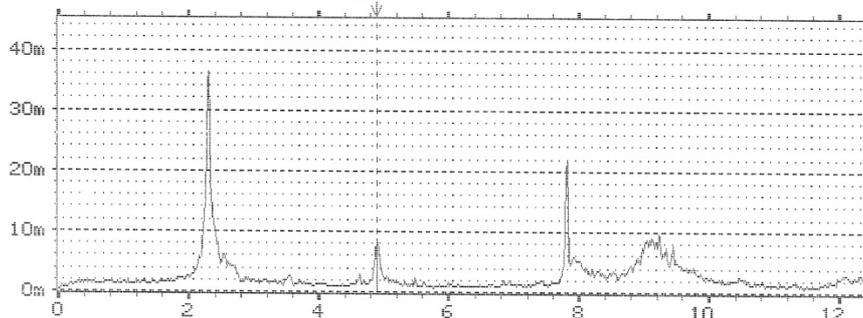
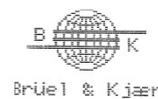


Figure A-204 : E110586-1635-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.



Briel & Kjaer

Type 2032

Plot Time
86-09-08
16:01:28

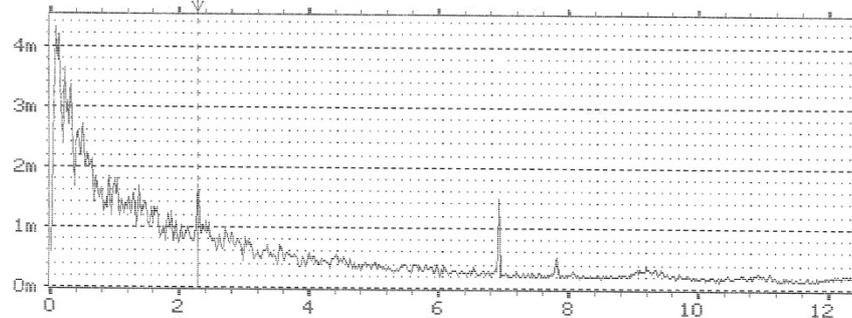
Page No. :
4

Sign. :

Measuring
Object :

Comments :

W1 AUTO SPEC CH.A
Y: 4.50mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 4000
MAIN Y: 1.71mV
X: 2.281Hz



W2 AUTO SPEC CH.B
Y: 1.50mV RMS LIN
X: 0.000Hz + 12.5Hz LIN
SETUP W1 #A: 4000
MAIN Y: 1.50mV
X: 6.921Hz

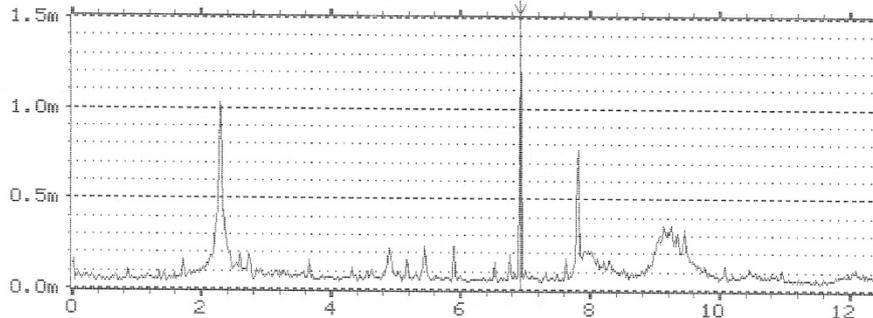


Figure A-205 : E110586-1635-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

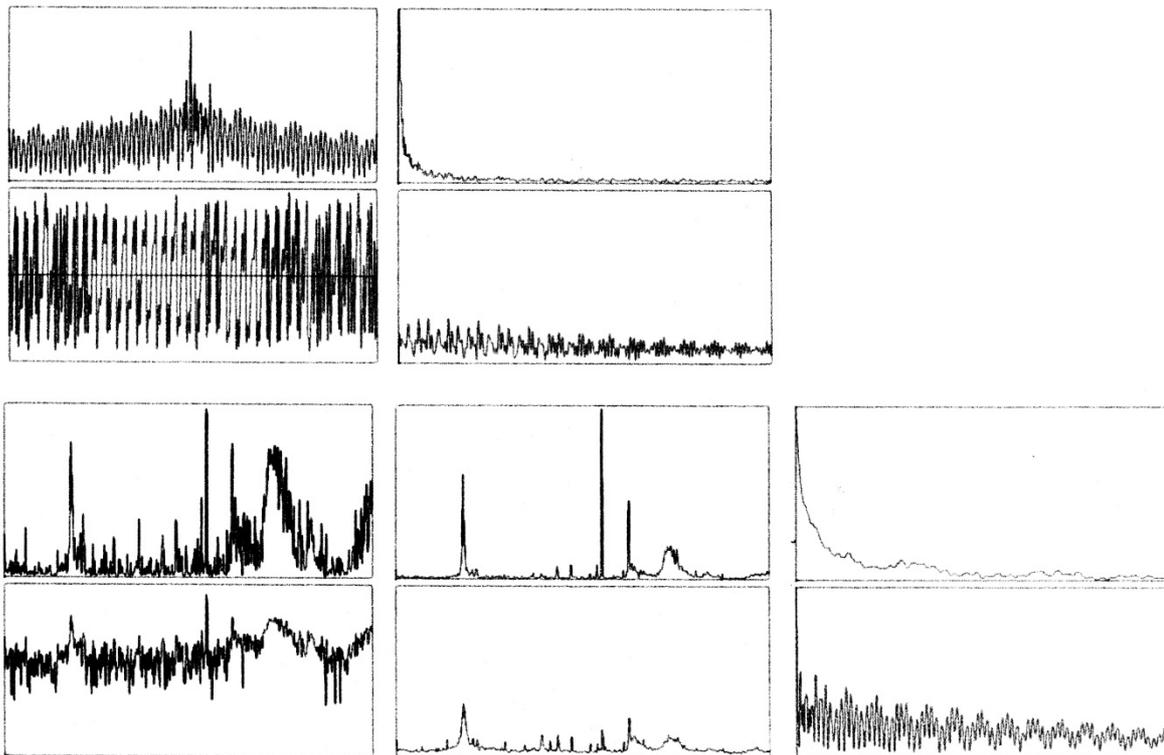


Figure A-206 : E110586-1635-t1

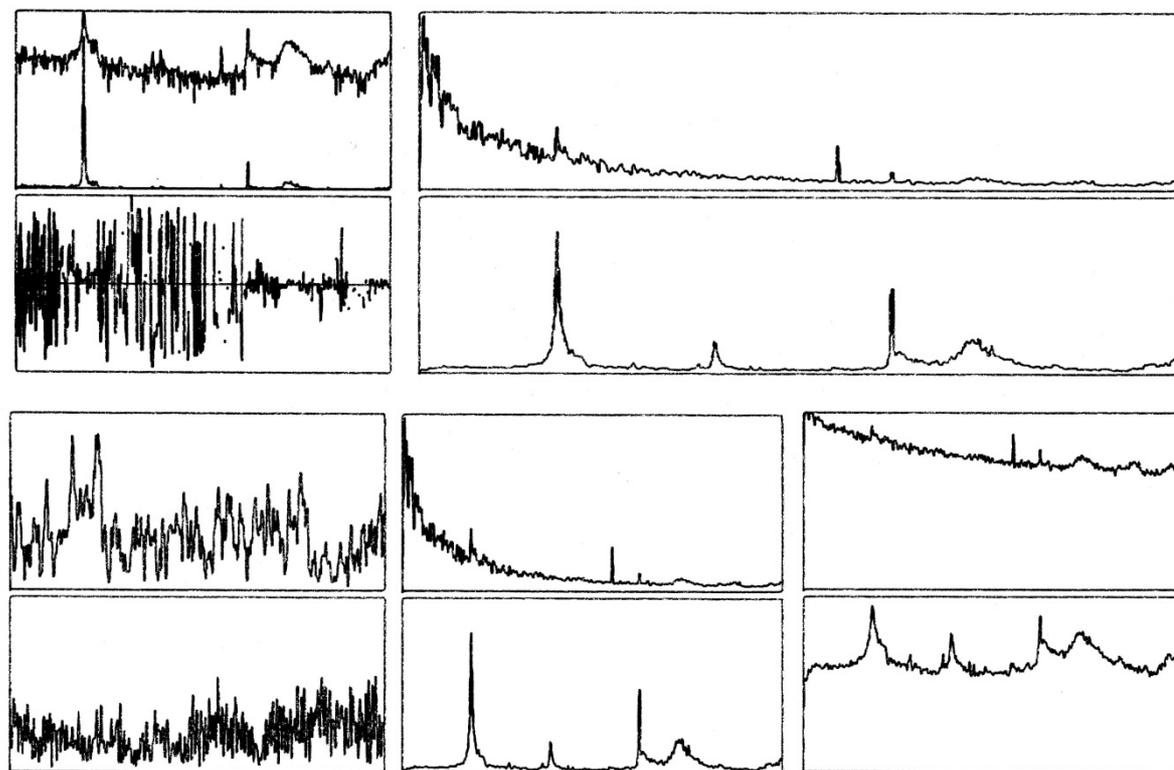


Figure A-207 : E110586-1635-t2

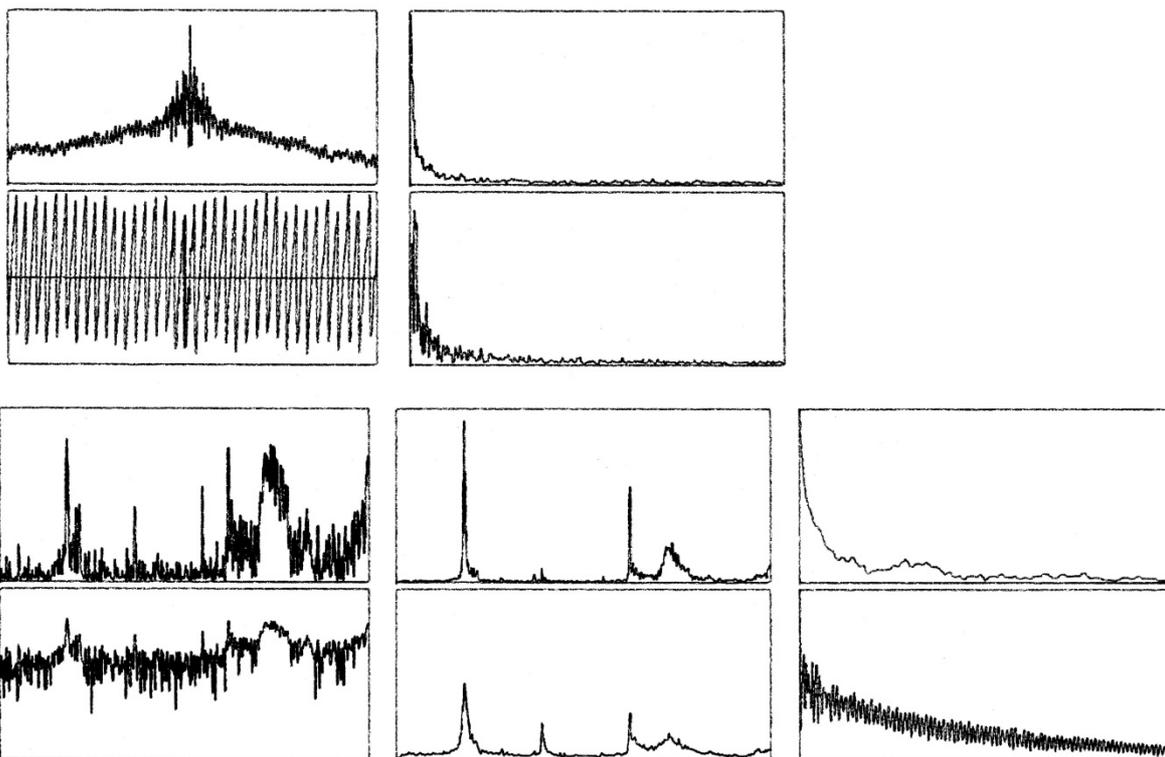


Figure A-208 : E110586-1635-t3

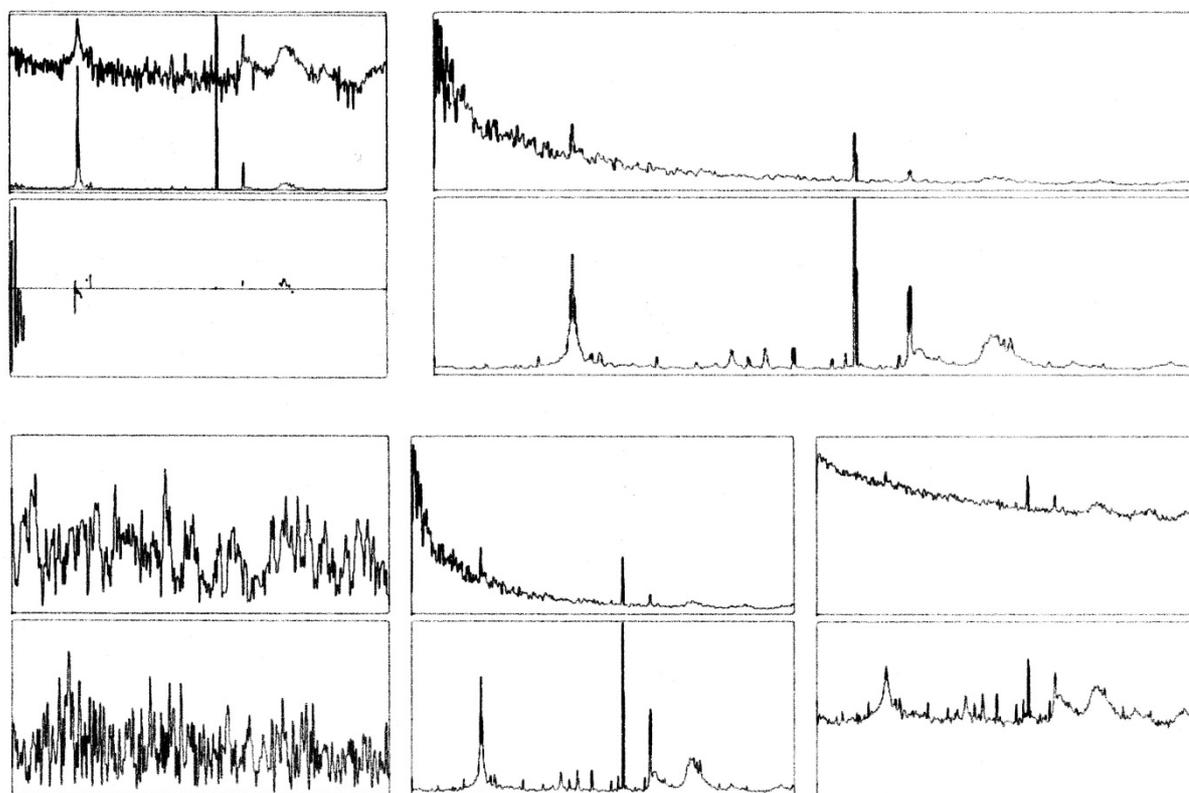


Figure A-209 : E110586-1635-t4

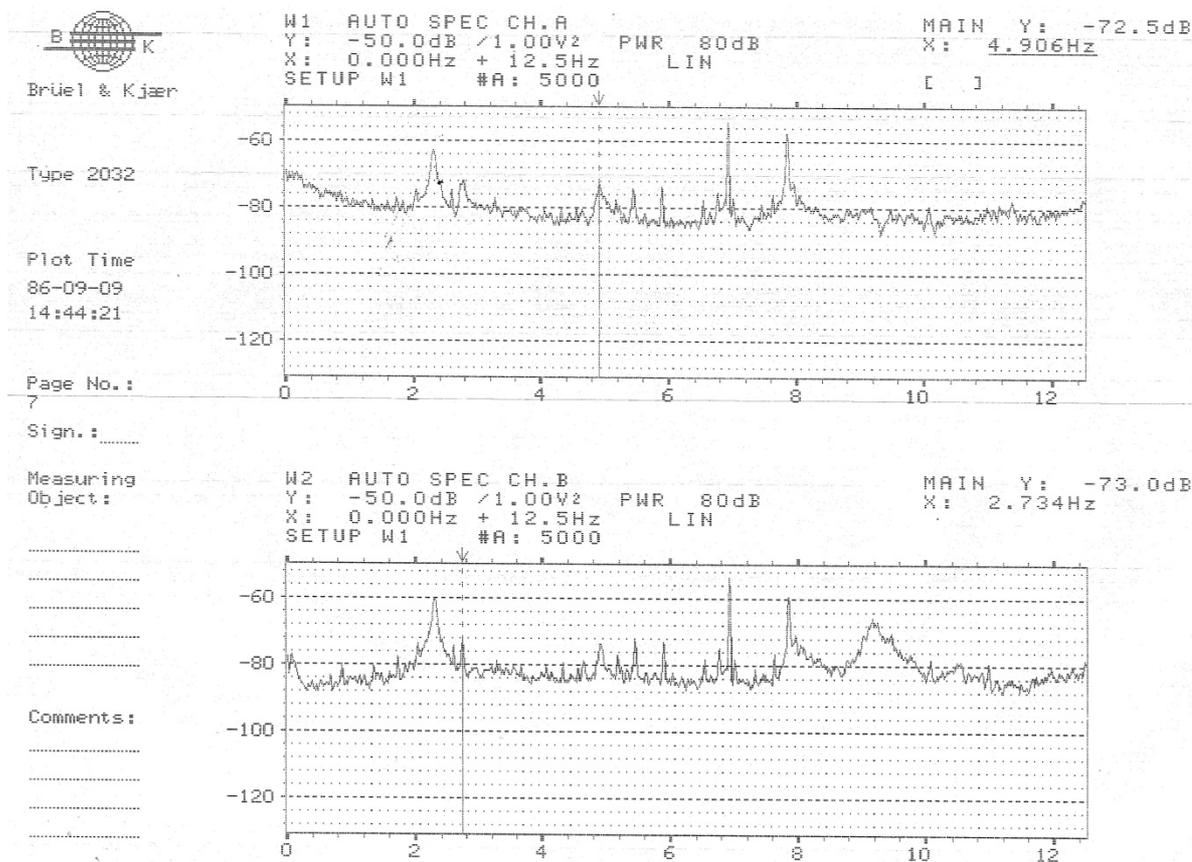


Figure A-210 : E110586-1755-1. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.

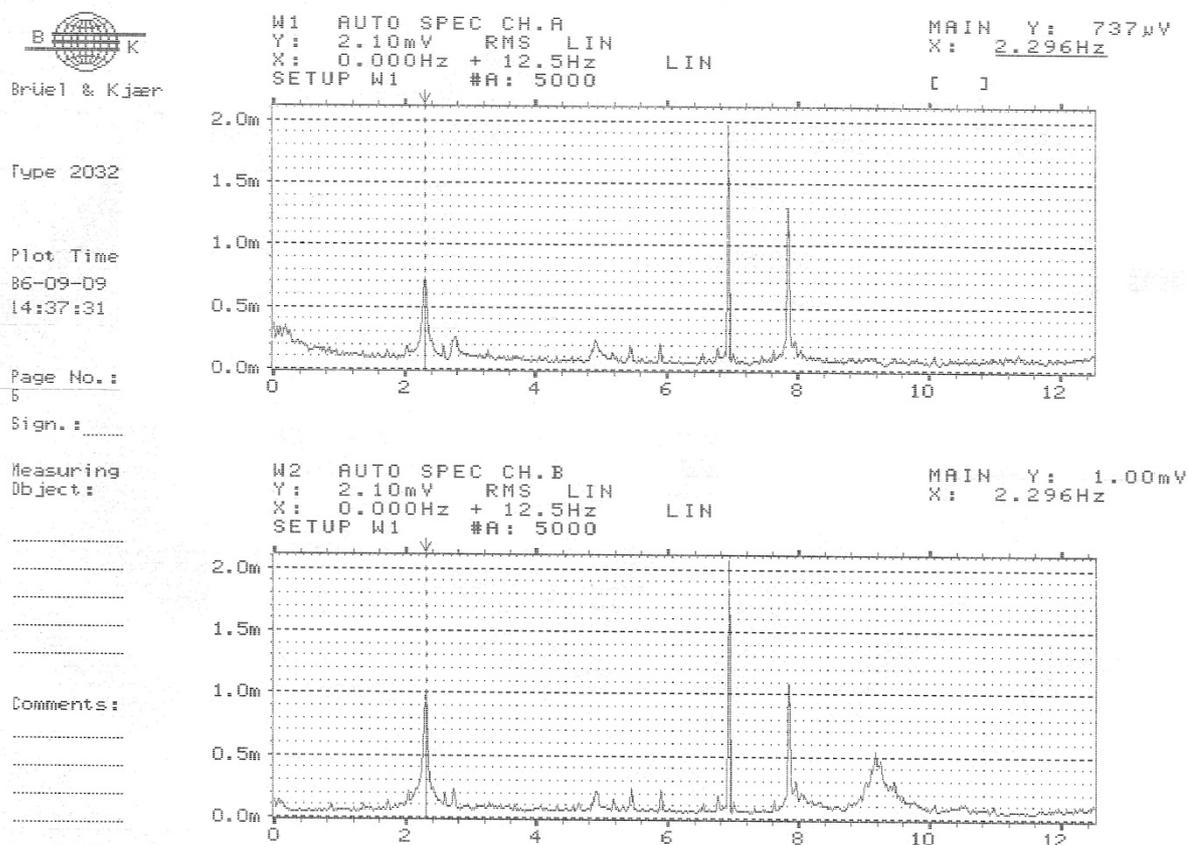


Figure A-211 : E110586-1755-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

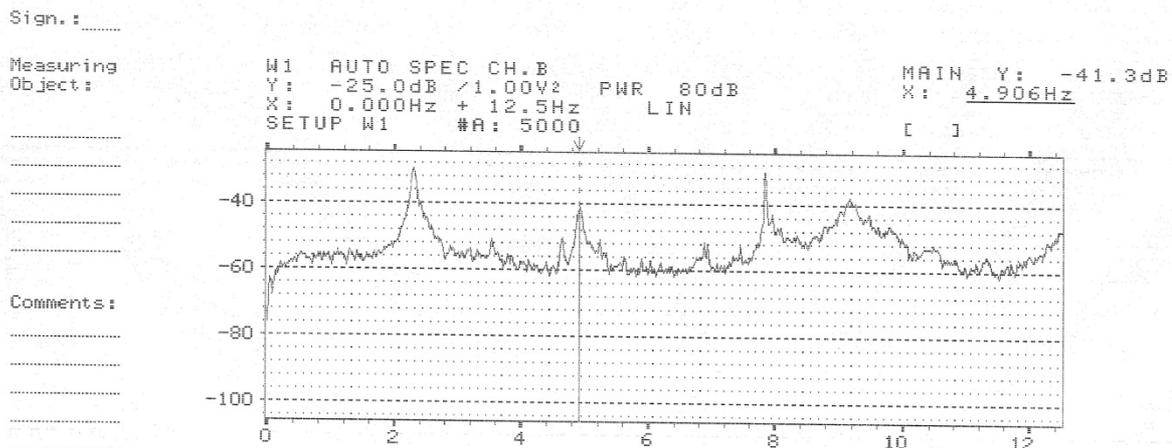
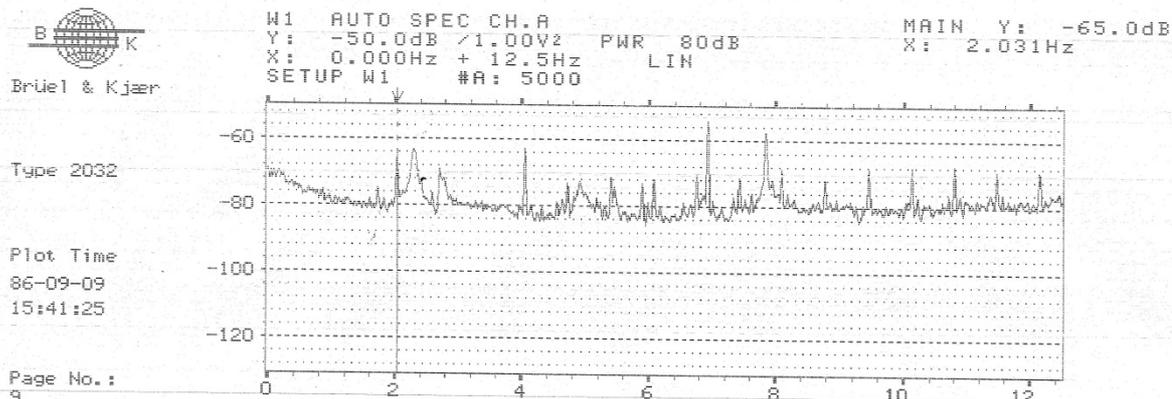


Figure A-212 : E110586-1755-3. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.

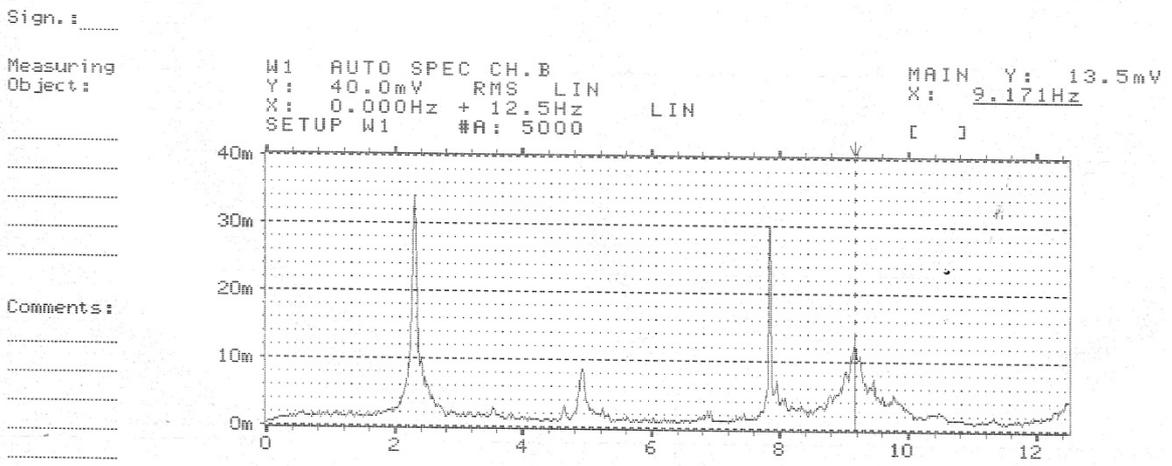
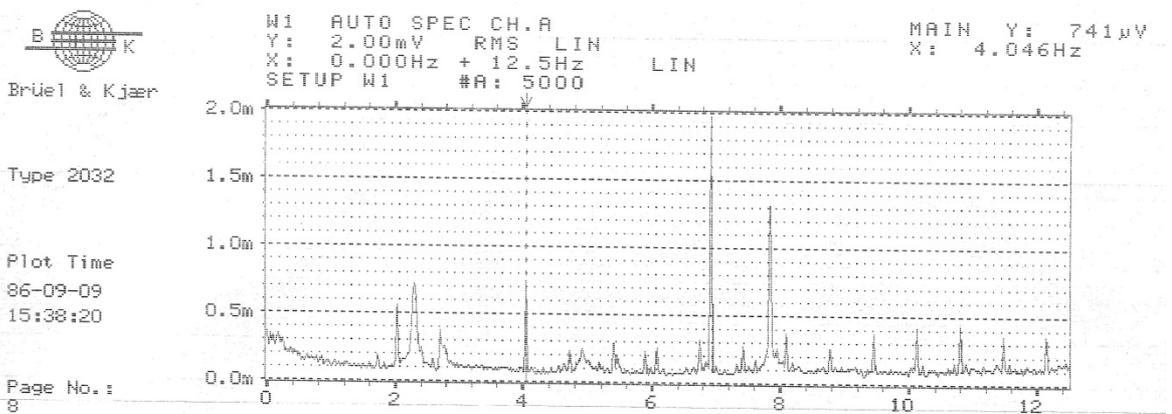


Figure A-213 : E110586-1755-4. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

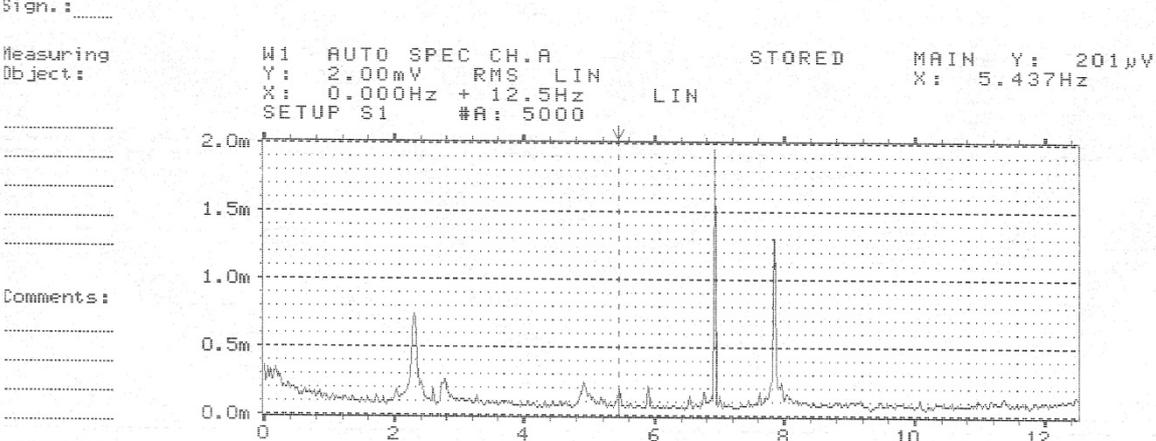
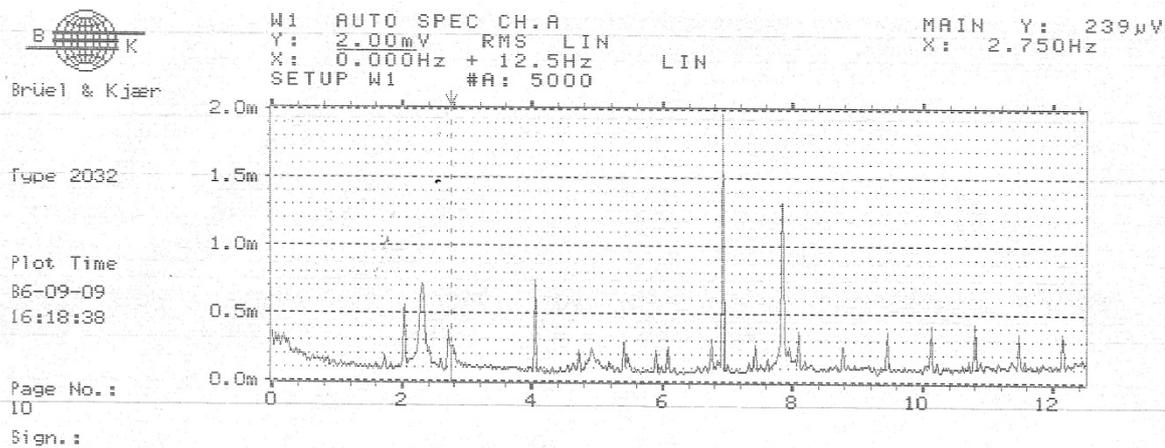


Figure A-214 : E110586-1755-5. Spectre fréquentiel à l'entrée A amplitude RMS en échelle linéaire.

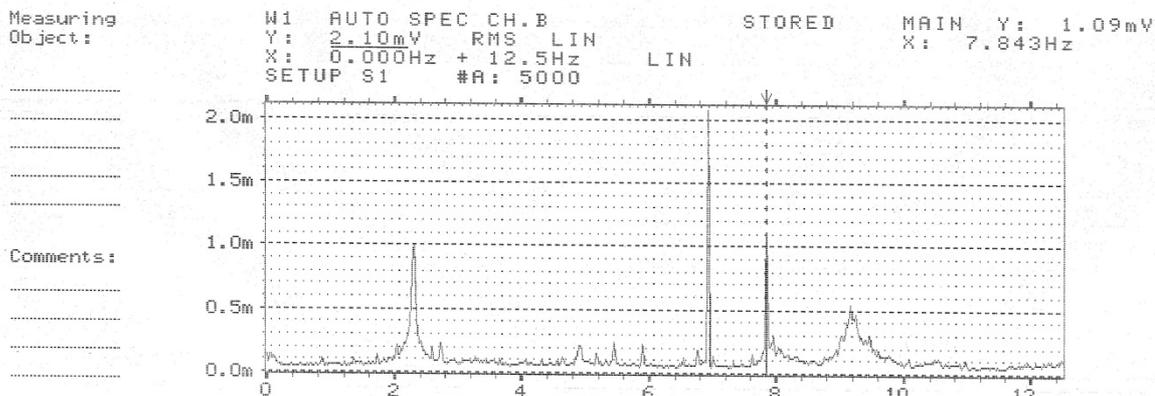
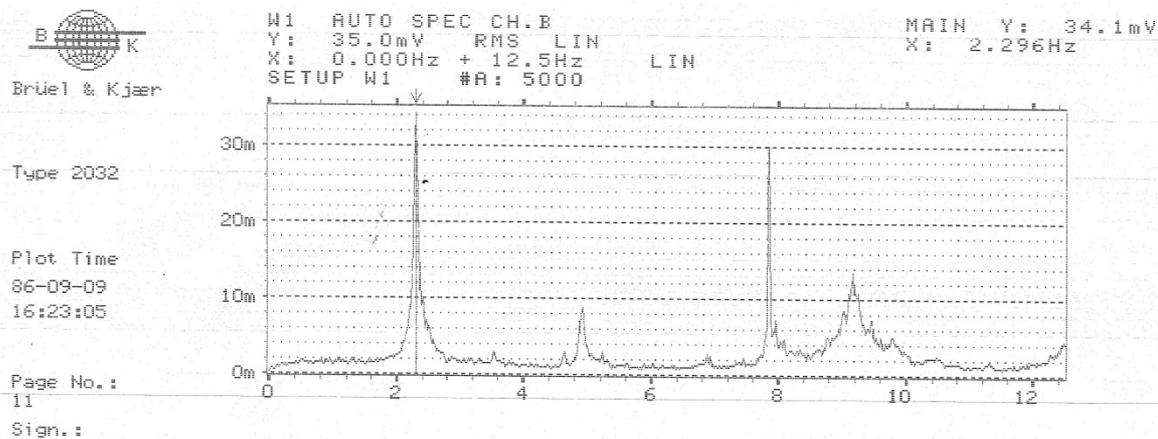


Figure A-215 : E110586-1755-6. Spectre fréquentiel à l'entrée B amplitude RMS en échelle linéaire.

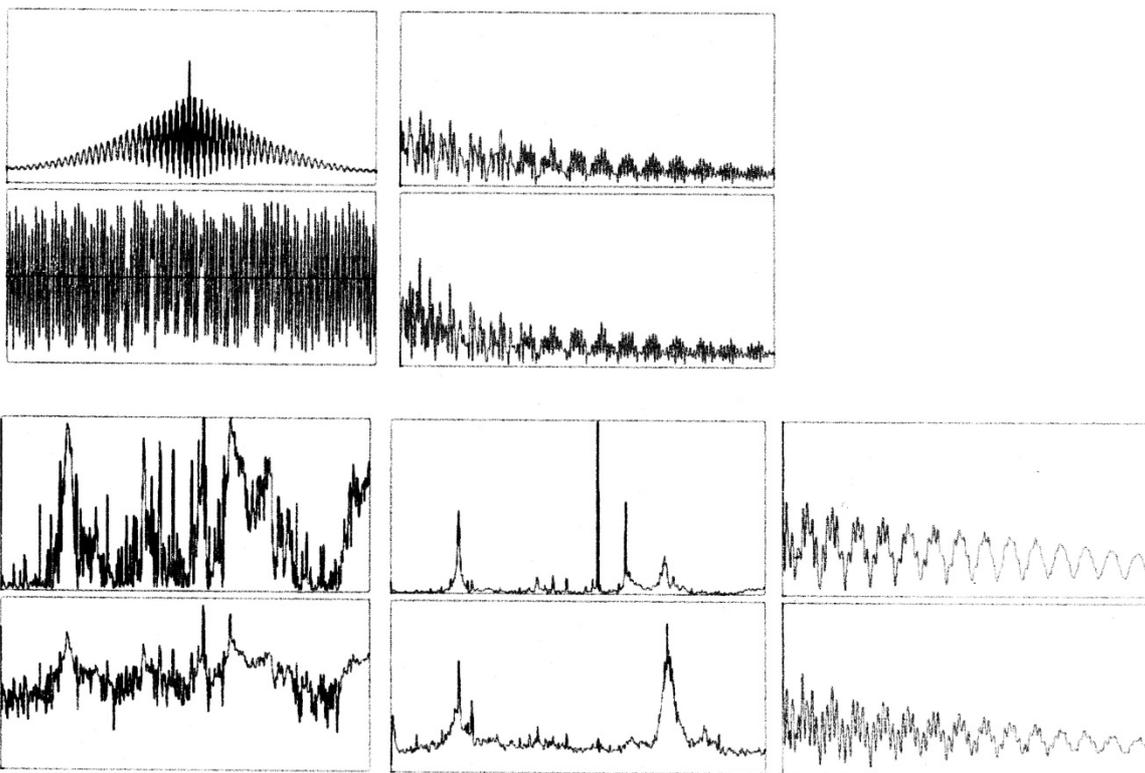


Figure A-216 : E110586-1755-t1

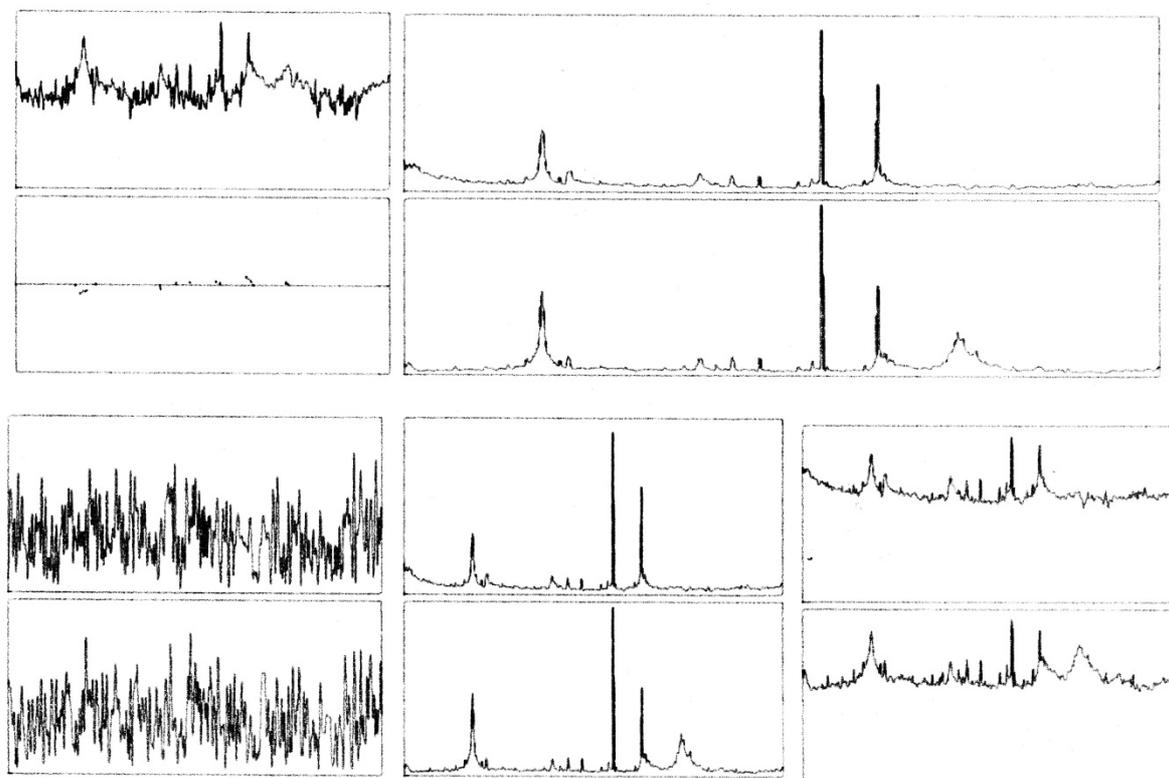


Figure A-217 : E110586-1755-t2

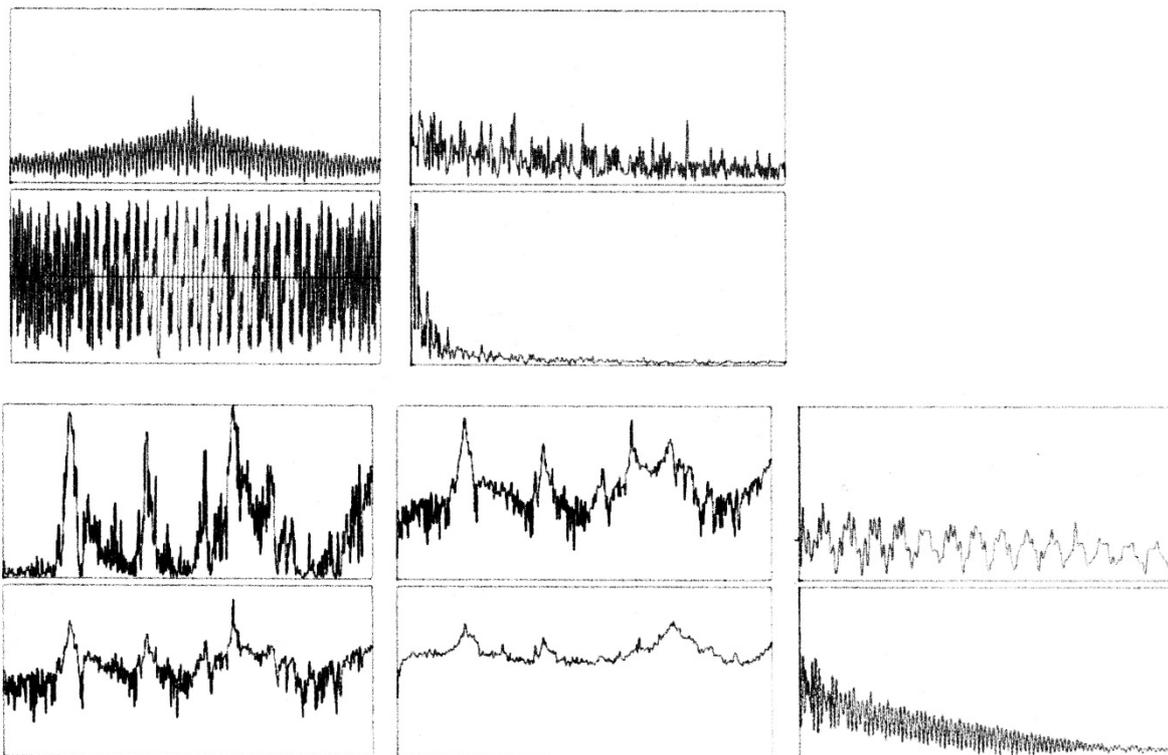


Figure A-218 : E110586-1755-t3

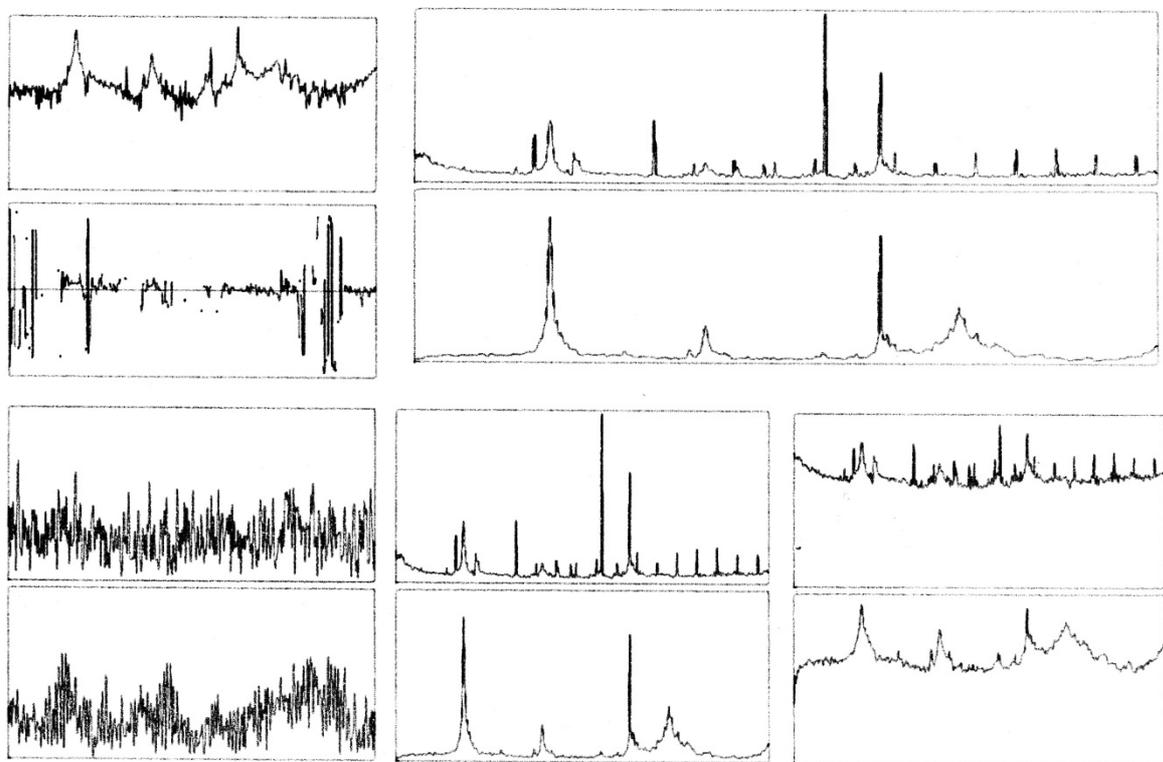


Figure A-219 : E110586-1755-t4

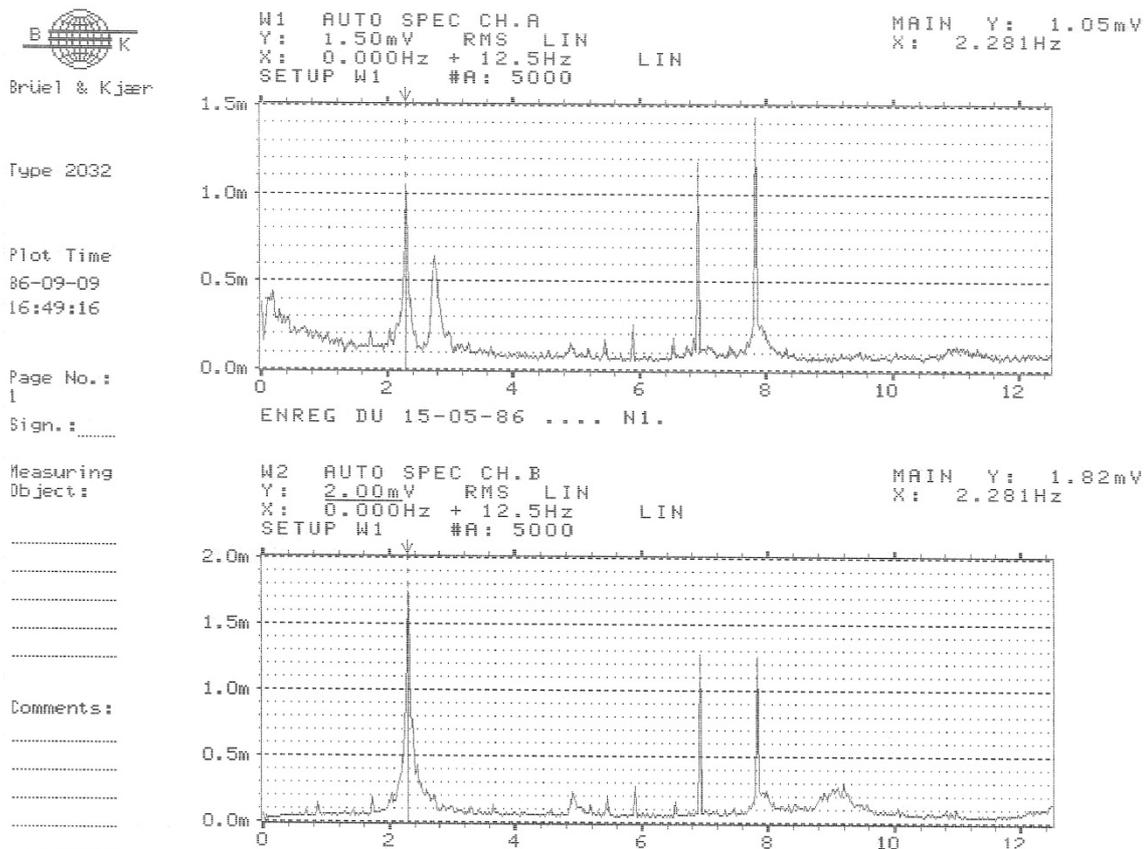


Figure A-220 : E150586-E-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

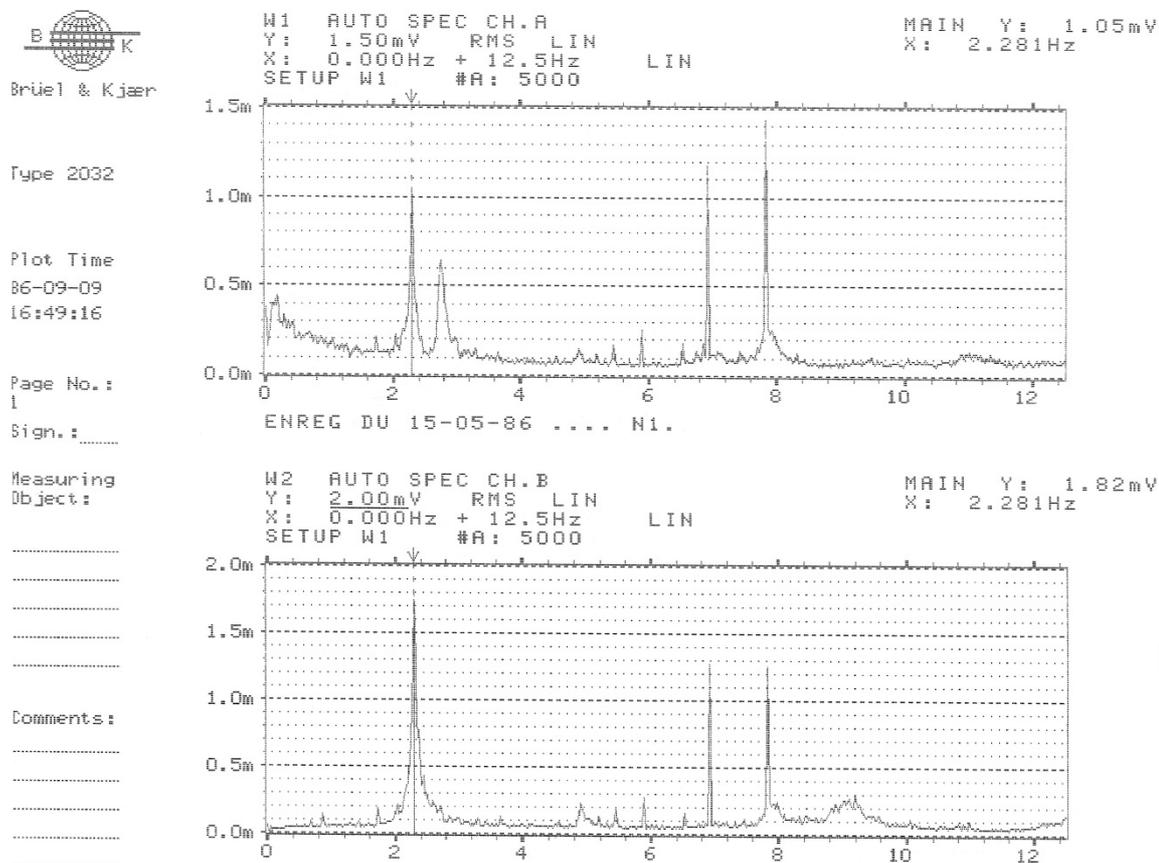


Figure A-221 : E150586-E-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

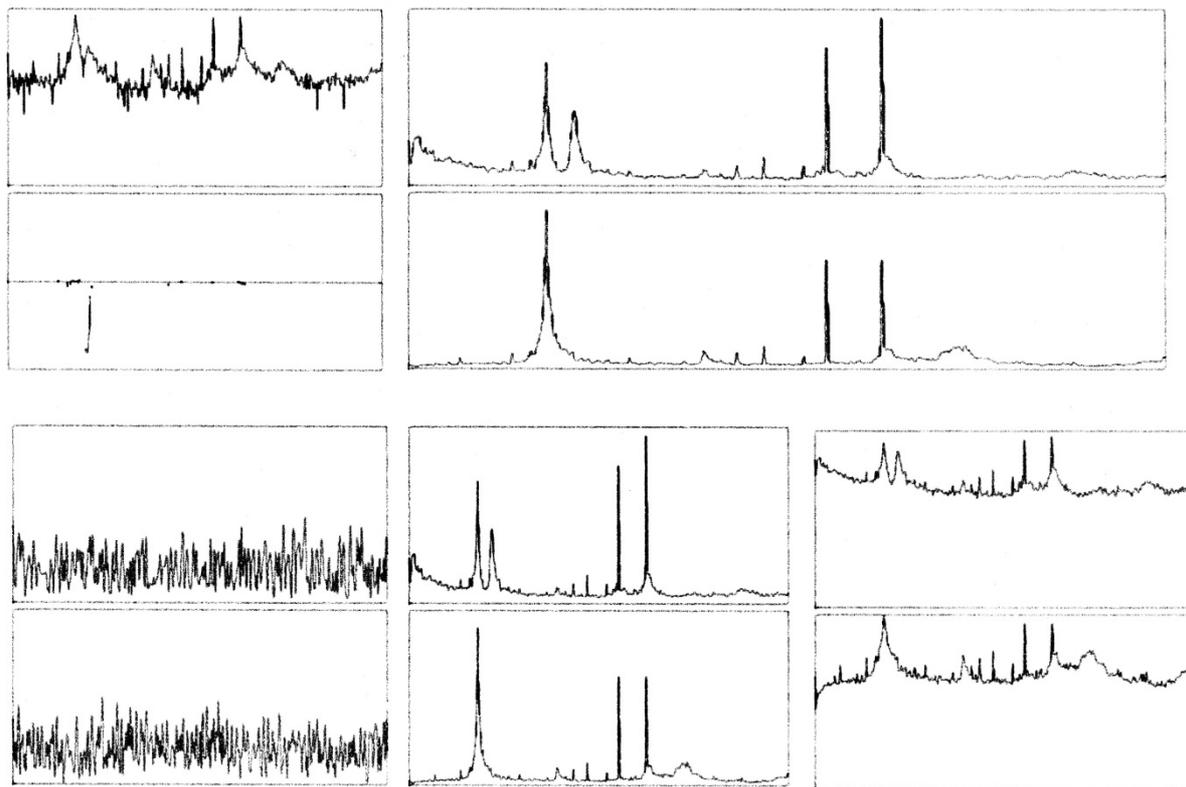


Figure A-222 : E150586-E-t1

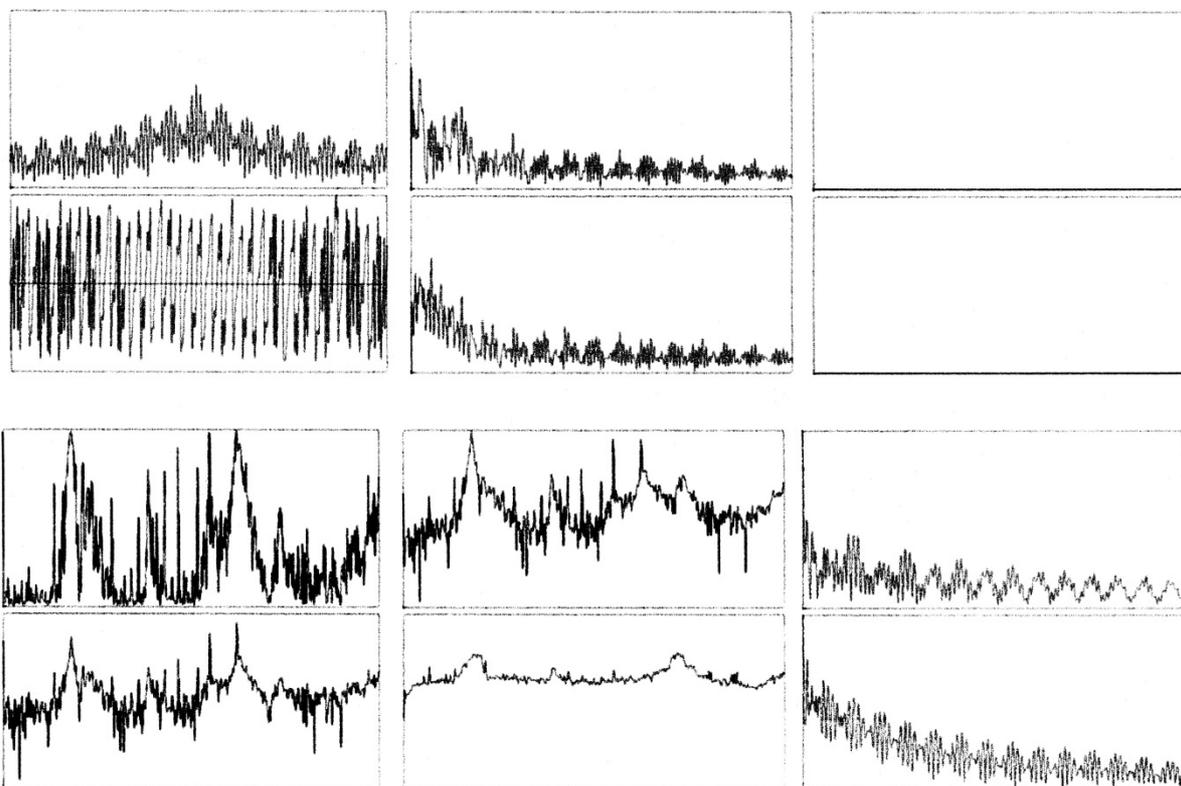


Figure A-223 : E150586-E-t2

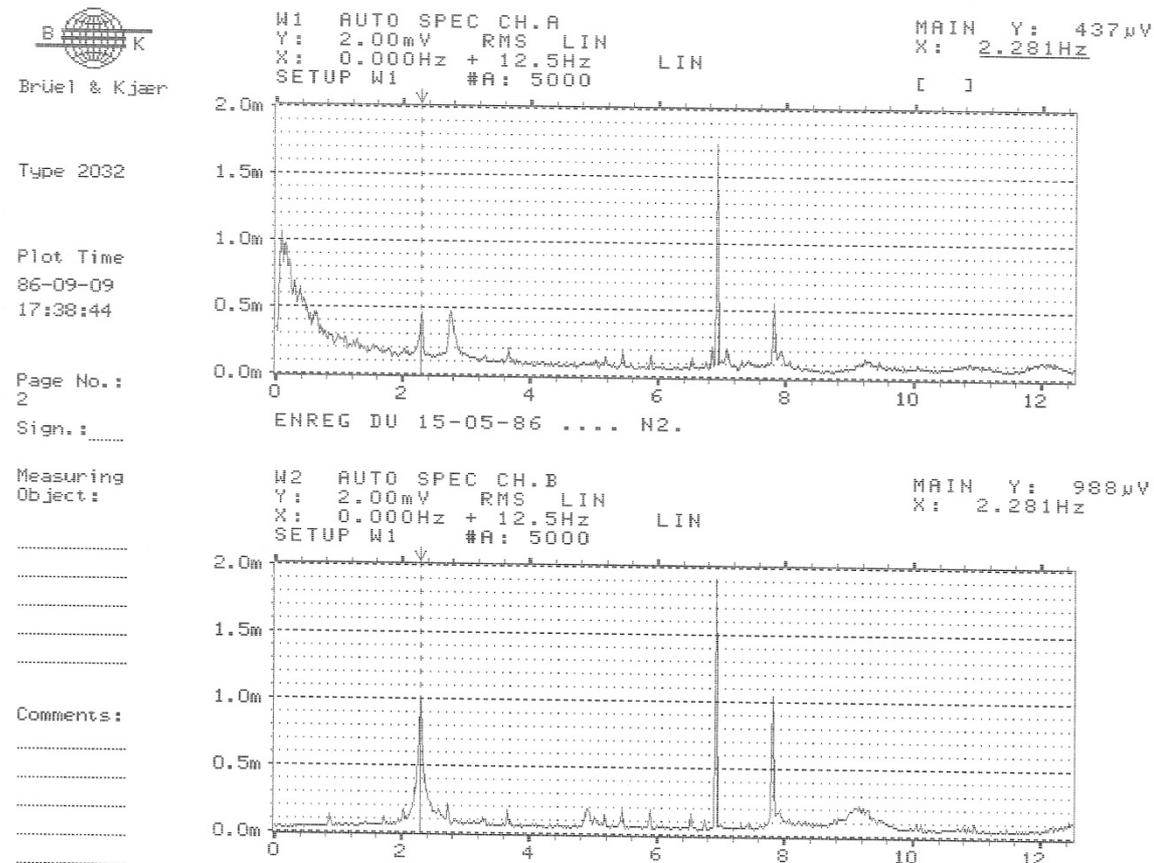


Figure A-224 : E150586-F-1. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

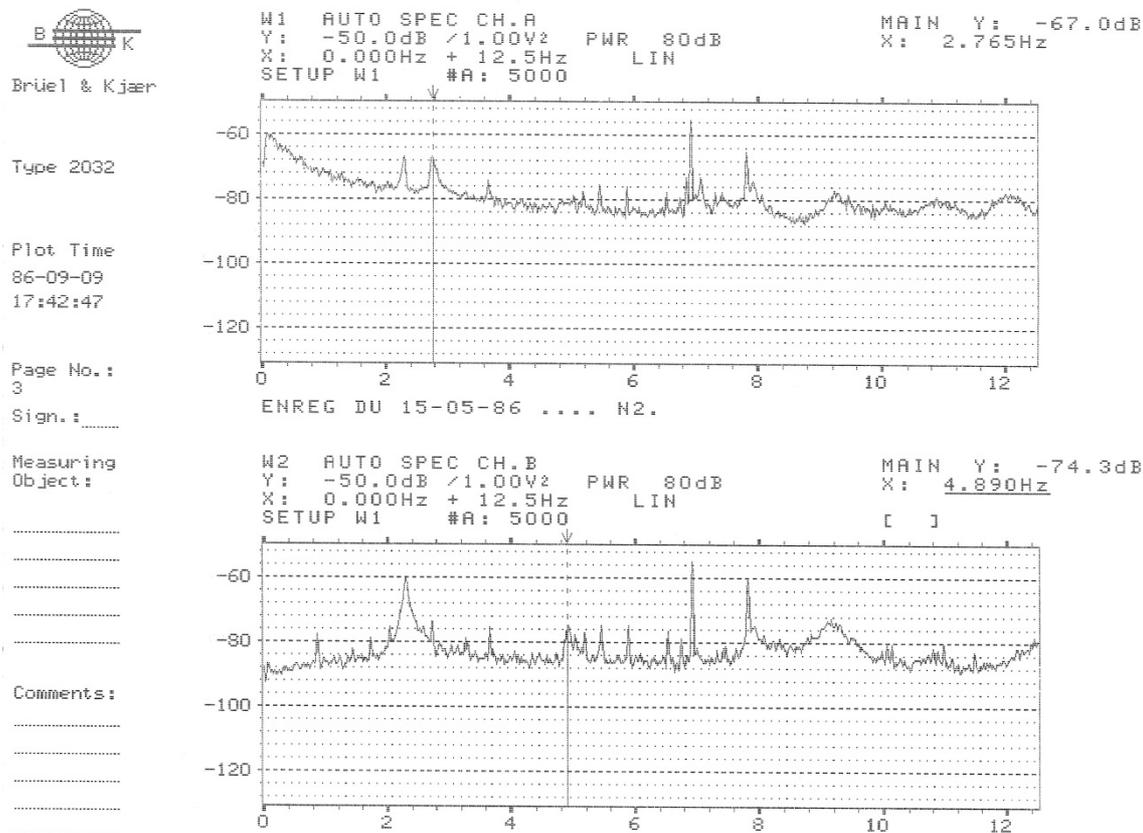


Figure A-225 : E150586-F-2. Spectres de puissance fréquentielle des entrées A et B avec échelle logarithmique.

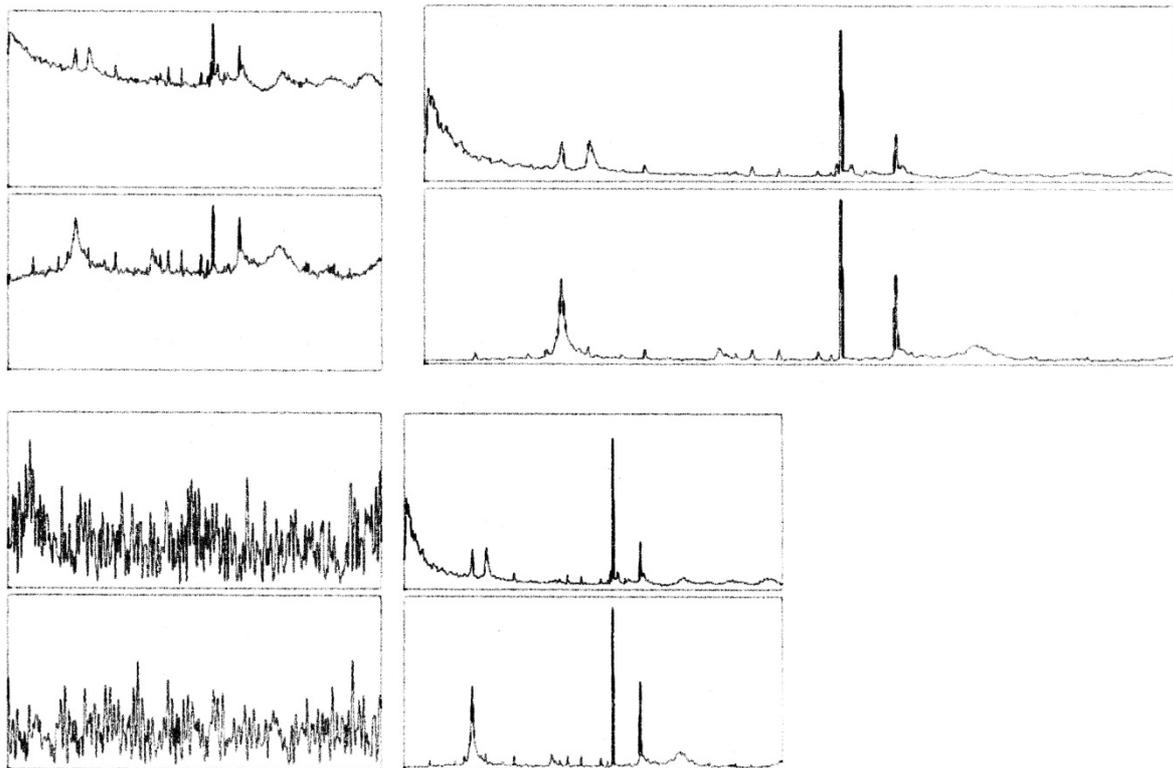


Figure A-226 : E150586-F-t1

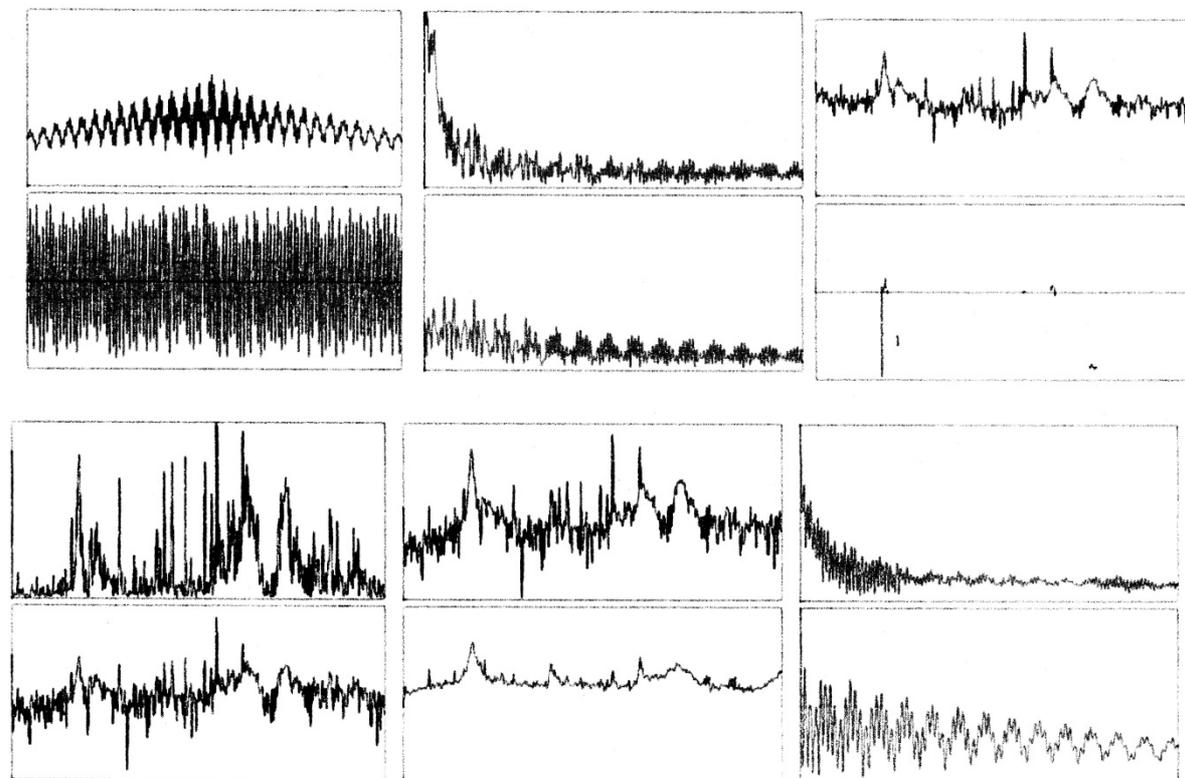


Figure A-227 : E150586-F-t2

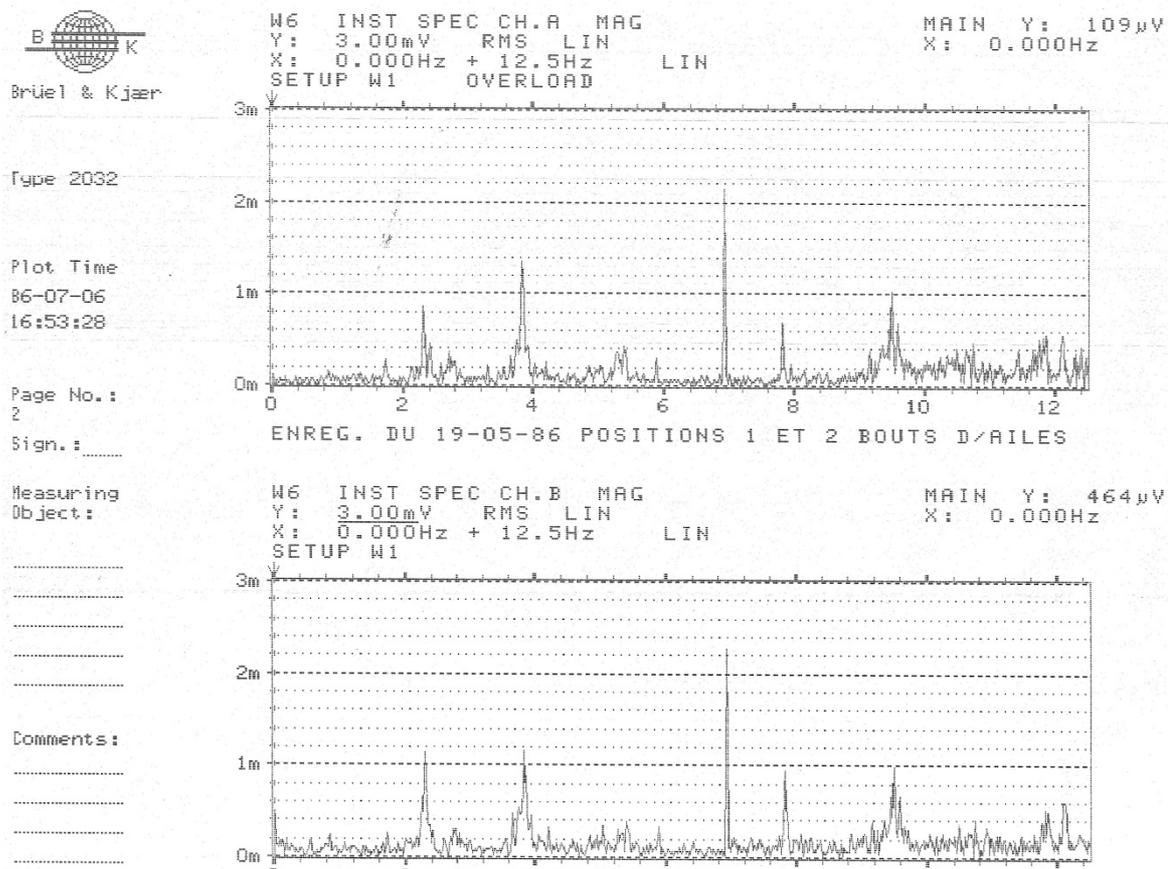


Figure A-228 : E190586-1. Spectres instantanés aux entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

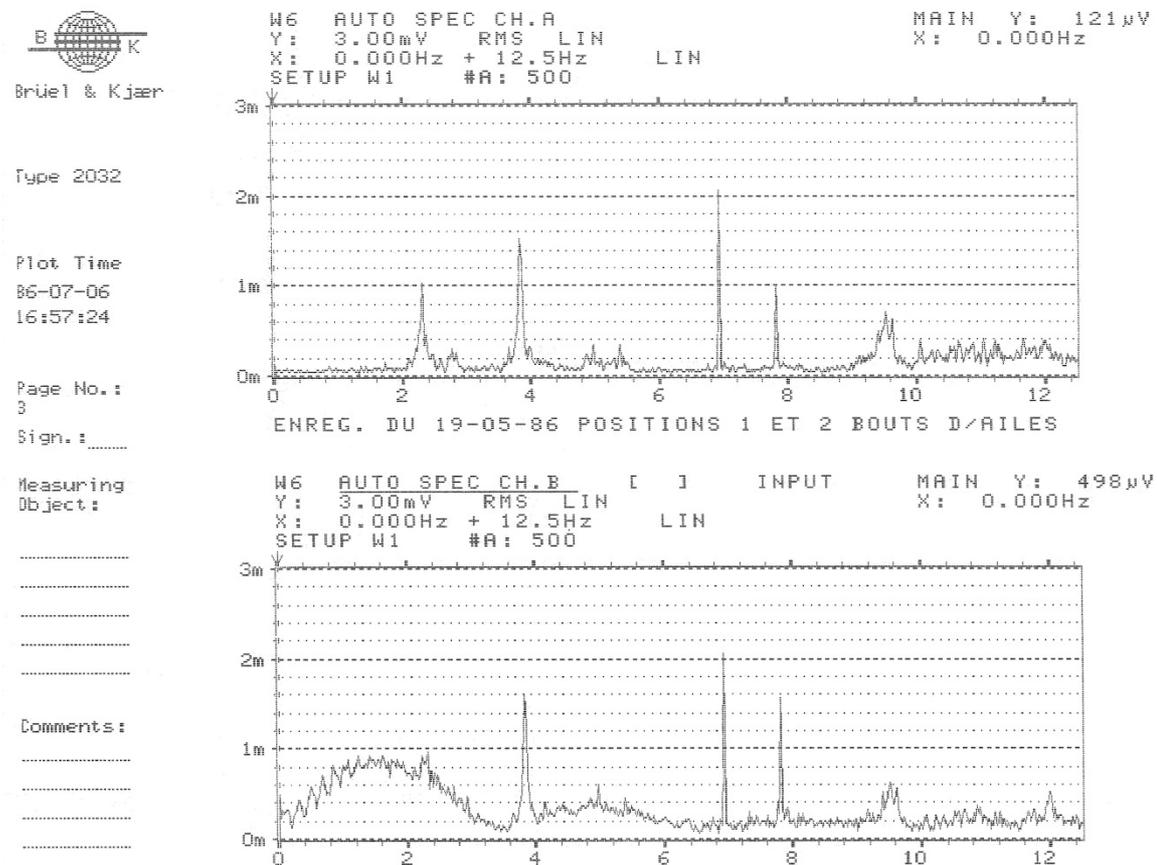


Figure A-229 : E190586-2. Spectres fréquentiels des entrées A et B amplitude RMS en échelle linéaire.

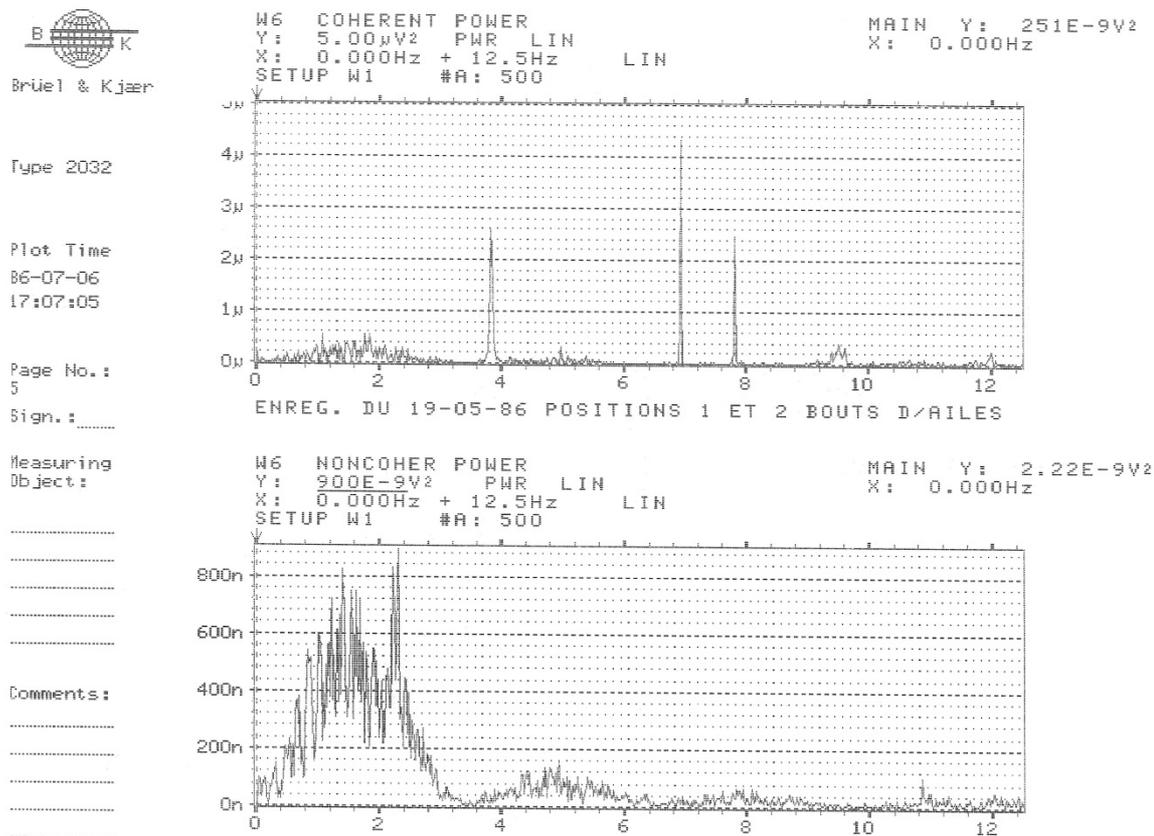


Figure A-230 : E190586-3. Puissance de cohérence et de non cohérence entre les entrées A et B.

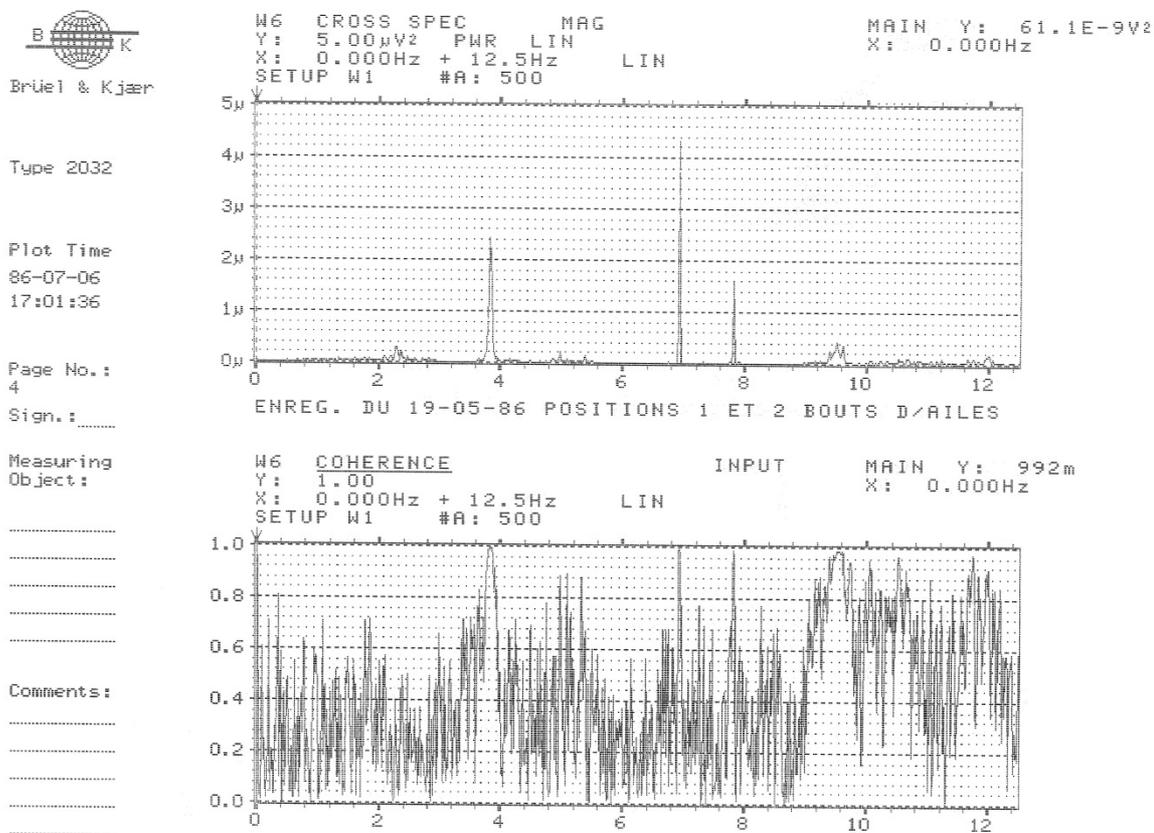


Figure A-231 : E190586-4. Spectre croisé et cohérence entre les entrées A et B

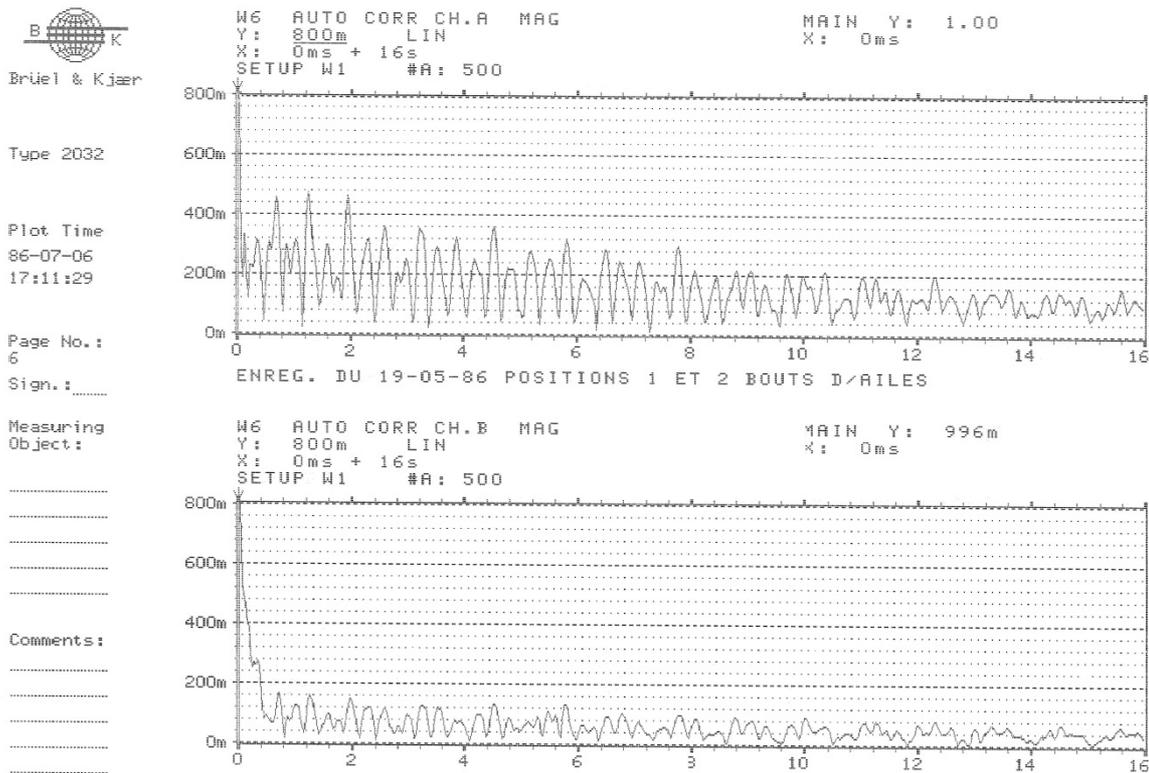


Figure A-232 : E190586-5. Auto corrélation aux entrées A et B

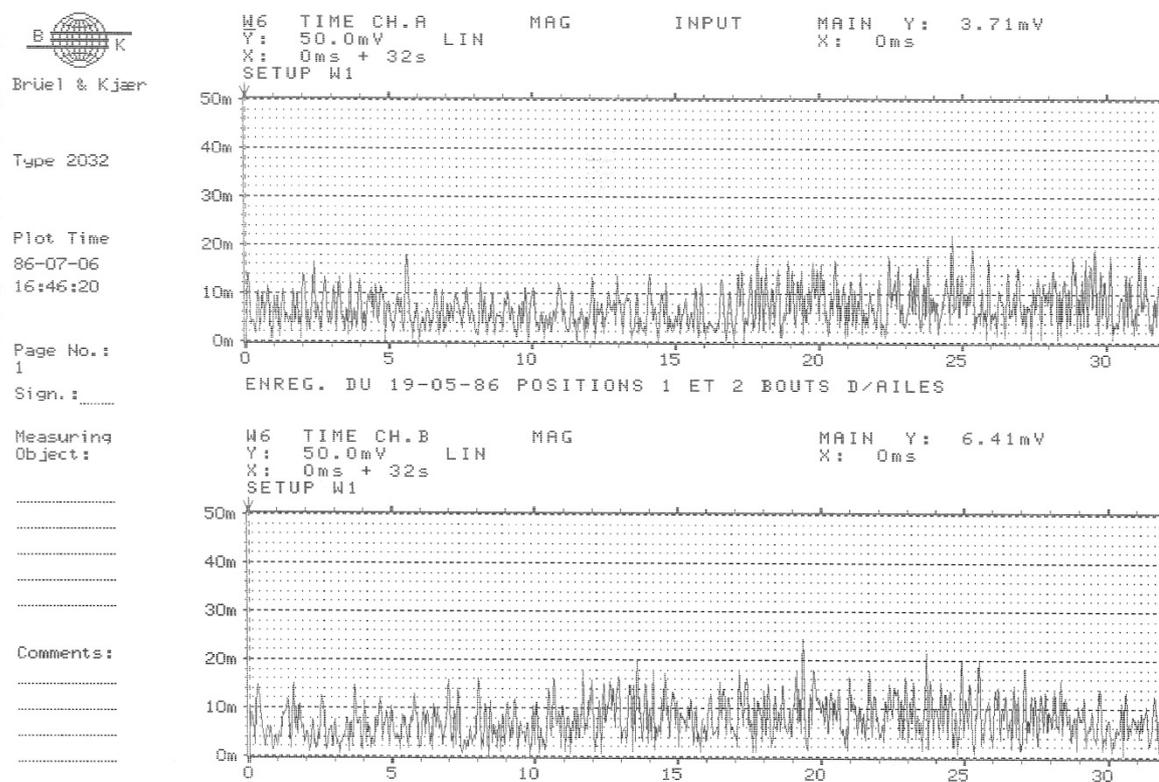


Figure A-233 : E190586-6. Spectres temporels des entrées A et B.

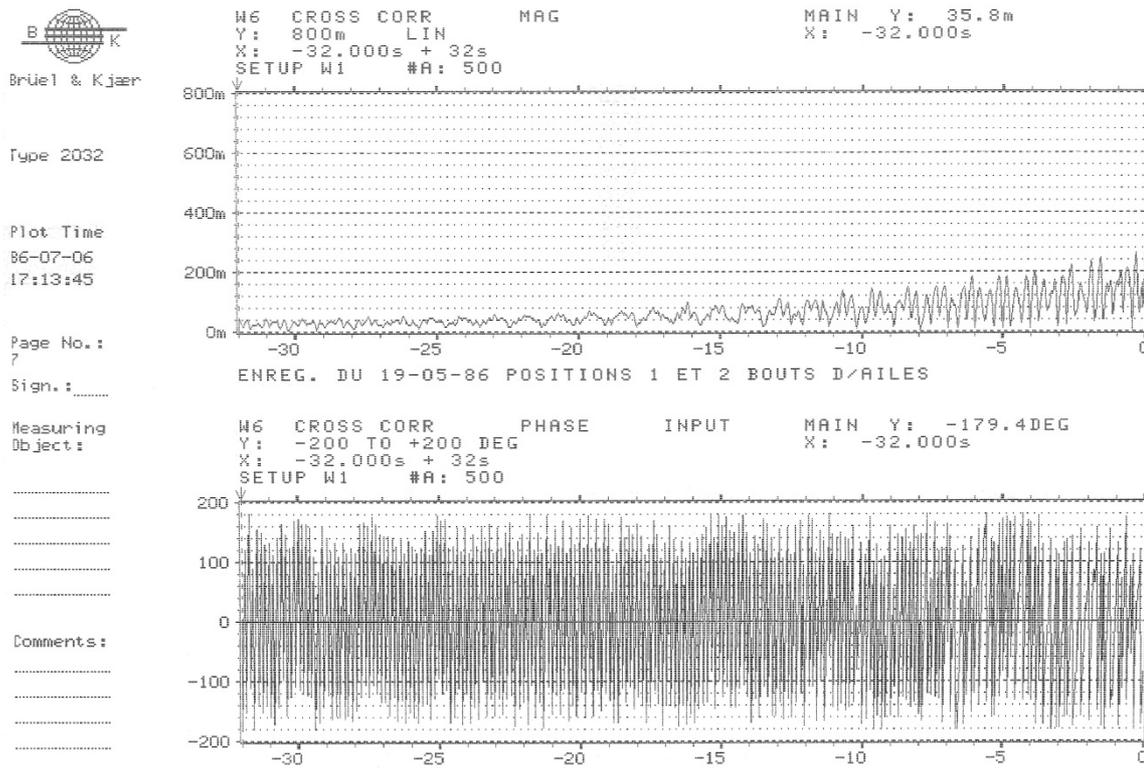


Figure A-234 : E190586-7. Amplitude et phase de la corrélation croisée.

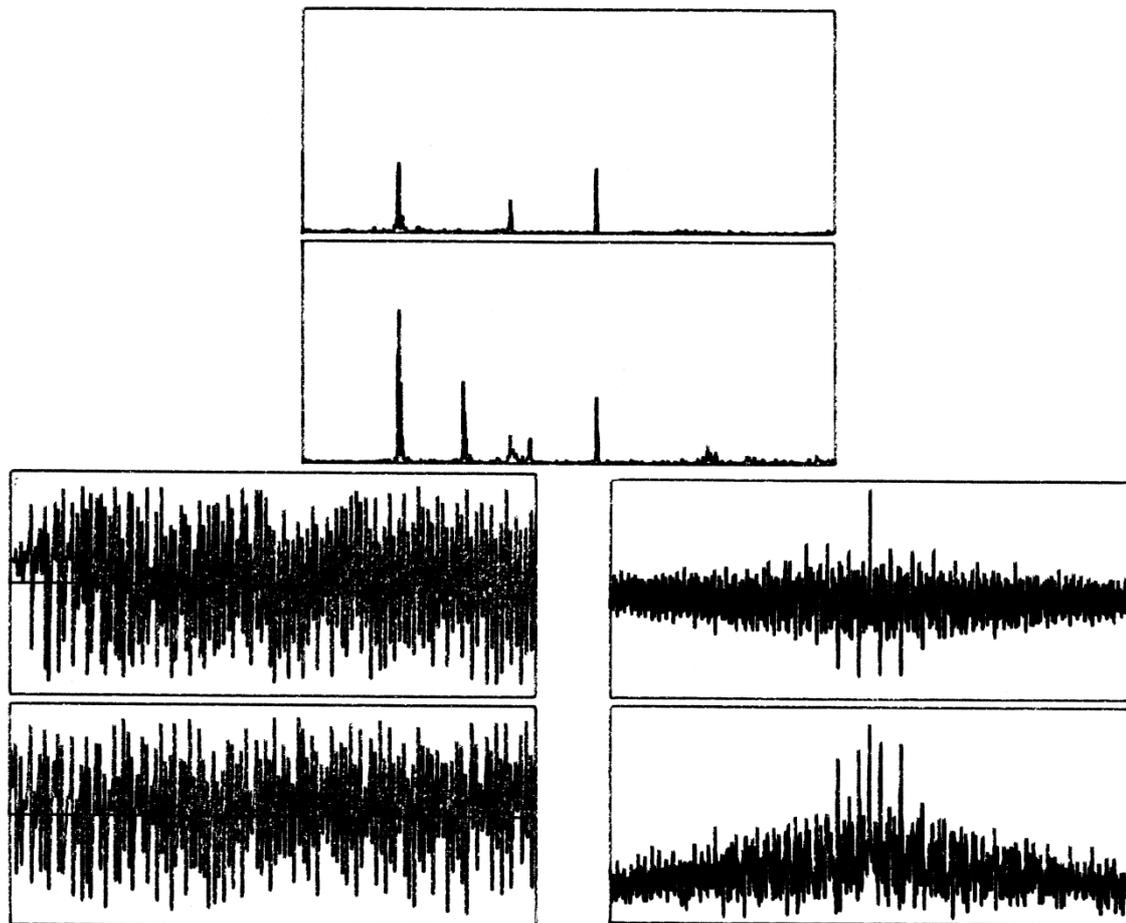


Figure A-235 : E190586-t1