

DIXIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

1101



NICE du 20 au 24 MAI 1985

LES APPORTS DES METHODES ARMA ET MDS EN ANALYSE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES OFFSHORE FIXES

DAVAINE J.*

DOUCET Y.**

*SYMINEX — 2Bd de l'Océan - 13009 Marseille

**SNEA(P) — Direction Développement Travaux - Tour Aquitaine - 92080 Paris La Défense

RESUME

SUMMARY

Le suivi du comportement dynamique des structures offshore fixes repose principalement sur l'analyse en fréquence des signaux mesurés par des accéléromètres linéaires horizontaux, la structure étant excitée par l'action de la houle. Cette analyse en fréquence vise à identifier, aussi précisément que possible, les principaux modes propres de la structure, en termes de fréquence, d'amortissement et de forme modale.

L'analyse est généralement effectuée par les méthodes classiques de transformation de Fourier rapide (FFT) et de calcul des fonctions de transfert (gain et déphasage) et de cohérence. L'identification des fréquences modales est alors obtenue par recherche des maxima de la fonction de cohérence et la forme modale peut se déduire des gains et déphasages calculés à ces fréquences pour les différentes paires d'accéléromètres. Cette méthode présente pour inconvénients d'être limitée aux modes bien excités et de ne permettre qu'un traitement des mesures par paires. Il en résulte que seuls les premiers modes, de niveau élevé, peuvent être suivis par cette méthode.

Suite aux recherches effectuées par l'IFREMER (CNEXO), deux méthodes nouvelles ont été mises en œuvre par SYMINEX pour le traitement des données acquises sur les structures opérées par le Groupe Elf Aquitaine. La détermination des fréquences modales se fait par la méthode de filtrage auto-régressif à moyenne adaptée (ARMA) et l'analyse des formes modales par la méthode de diagonalisation des matrices de densités interspectrales (MDS). De nombreux avantages ressortent de l'emploi de ces deux méthodes. La détermination des fréquences modales par analyse statistique de la fréquence d'occurrence des pôles de ARMA dans les bandes de fréquences pré-établies permet de mettre en évidence des modes d'ordre élevé correspondant à une accélération d'amplitude très faible. L'analyse de déformée modale obtenue par MDS, en considérant les accéléromètres dans leur ensemble, fournit pour chaque mode la composante horizontale de la déformée modale, en chaque point instrumenté.

Des exemples de résultats obtenus par ces deux méthodes pour une plateforme équipée de quatre boîtiers à deux niveaux sont présentés et comparés aux résultats obtenus par les méthodes classiques.

THE CONTRIBUTION OF THE ARMA AND MDS METHODS TO DYNAMIC BEHAVIOUR ANALYSIS OF FIXED OFFSHORE STRUCTURES.

The monitoring of the dynamic behaviour of fixed offshore structures mainly consists in analyzing the frequency of signals measured by horizontal linear accelerometers when the structure is excited by wave action. This frequency analysis aims at identifying as accurately as possible, the main natural frequencies of the structure in terms of frequency, damping and modal shape.

The analysis is usually carried out by classical methods : Fast Fourier Transform (FFT), transfer and coherence function computation (gain and phase). The identification of modal frequencies is then achieved by searching for maxima of the coherence function and the modal shape is derived from the gain and phase calculated at these frequencies for the different pairs of accelerometers. This method (FFT) has the disadvantages of being limited to well excited modes and limited to data processing of measurements by pairs. The result is that only the very first modes, with a high signal level, can be monitored by this method.

Following research carried out by IFREMER (CNEXO), two new methods have been implemented by SYMINEX for the processing of data acquired on platforms operated by the Elf Aquitaine Group. The determination of modal frequencies is carried out using the ARMA method (auto-regressive filtering with adapted mean) and the analysis of the modal shape by the diagonalization of interspectral density matrices (MDS). These two methods present several advantages. The determination of modal frequencies by statistical analysis of the percentage of occurrences of ARMA poles in pre-determined frequency bands, disclosed high order modes corresponding to very low acceleration amplitudes. The modal shape analysis obtained by MDS, taking into account all accelerometers simultaneously, provides for each mode the horizontal component of the modal shape at each instrumented point.

Some examples of the results obtained with these two methods for a platform equipped with four bi-axial accelerometers located at two levels, are presented and compared with results obtained from classical methods.



LES APPORTS DES METHODES ARMA ET MDS EN ANALYSE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES OFFSHORE FIXES

INTRODUCTION

Les structures offshore fixes sont soumises à des contraintes sévères imposées par l'environnement marin. Des vents approchant les 100 nœuds et des vagues de près de 15 mètres de hauteur significative ont ainsi été mesurés en Mer du Nord.

L'accumulation de ces efforts risquant d'être préjudiciable à l'intégrité des structures, il est nécessaire de recourir à des inspections périodiques de l'état des ouvrages. Divers procédés d'inspection faisant appel à l'intervention de plongeurs existent et sont employés couramment. Toutefois, ces procédés entraînent des coûts élevés et ne permettent d'inspecter annuellement qu'une fraction des éléments de la structure. Enfin, ils ne peuvent techniquement, comme économiquement, répondre au souci d'inspection des plateformes en eau très profonde qui devraient voir le jour dans les années à venir.

L'utilisation des méthodes de suivi des caractéristiques mécaniques d'ensemble des structures pourrait permettre sous certaines conditions, d'aider l'opérateur pétrolier à orienter son programme d'inspection.

Une difficulté particulière de ce type d'analyse provient du fait que les modes de la structure ne sont excités que par l'action de la houle. Cette excitation se produit dans une bande de fréquence ne contenant pas les fréquences modales. Les modes sont donc indirectement sollicités. De plus, cette excitation est instationnaire et multidirectionnelle.

Cet article présente des améliorations récentes apportées par l'IFREMER (CNEXO), SYMINEX et SNEA(P) dans ce domaine.

1 - DESCRIPTION DE L'INSTRUMENTATION

La structure étudiée est un "jacket", plateforme métallique ancrée dans le sol par des pieux.

La figure n°1 présente un exemple d'une telle structure et de son instrumentation.

L'instrumentation comprend, pour ce qui concerne les mesures de comportement vibratoire :

- deux boîtiers accélérométriques à deux axes sensibles horizontaux situés sur le pont et deux boîtiers accélérométriques à deux axes sensibles horizontaux situés à la base.
- un ensemble de conditionnement de signaux (amplification, filtrage anti-repliement).
- un système d'acquisition de données sur mini-ordinateur avec stockage sur bande magnétique.

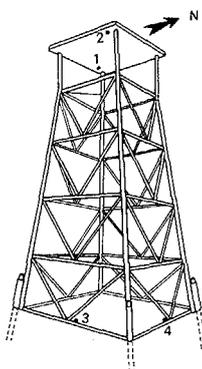


Figure 1

1-2 : accéléromètres pont
3-4 : accéléromètres base
N : Nord Plate-forme

A titre d'exemple un schéma d'acquisition possible de ce type de données est fourni ci-dessous.

Les mesures sont effectuées en routine à 12h00 T.U. tous les jours. En cas de dépassement de seuils pré-établis pour la houle ou les accélérations, les mesures sont effectuées toutes les 3 heures. En cas de dépassement d'un deuxième niveau de seuils pour la houle ou les accélérations, les mesures sont effectuées toutes les 45 minutes. Enfin, un opérateur peut provoquer à tout moment une acquisition par une commande fournie au calculateur.

La fréquence d'acquisition est de 16 Hertz (bande passante 4Hz). Une séquence est composée de 40960 valeurs consécutives pour chaque voie de mesure, soit une durée de près de 41 minutes.

2 - TRAITEMENT DES DONNEES PAR TRANSFORMATION DE FOURIER

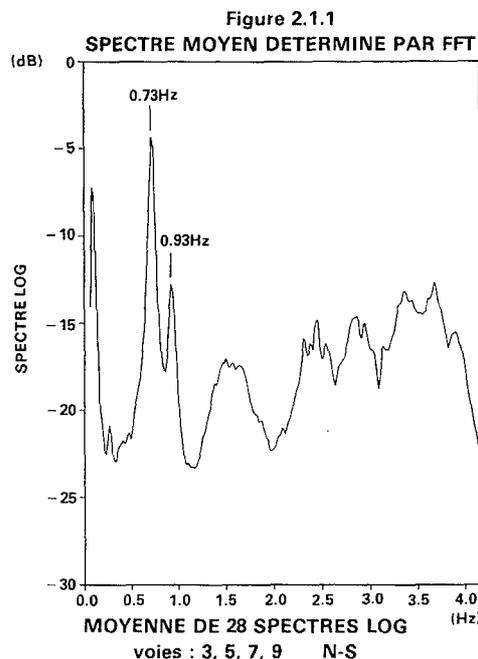
2.1 - Analyse du spectre de puissance

L'une des solutions employées pour caractériser les vibrations naturelles de la structure sous l'action de la houle et du vent est de calculer les spectres de puissance des différentes voies de mesures accélérométriques et de rechercher les pics de ces spectres. Compte tenu de la forte dynamique existant entre les vibrations aux différentes fréquences propres et à la fréquence des mouvements forcés imposés par la houle, il est nettement préférable de travailler sur le spectre logarithmique. Cette méthode, classique en analyse vibratoire, ne permet toutefois que de caractériser les fréquences auxquelles la densité spectrale de puissance présente un maximum, sans fournir l'assurance que ce maximum corresponde à une vibration naturelle de la structure et sans fournir d'information complémentaire sur la forme de la déformée modale correspondante. Le coefficient d'amortissement du mode supposé ainsi identifié peut être déduit de la largeur de bande à -3 dB relevée sur le spectre de puissance.

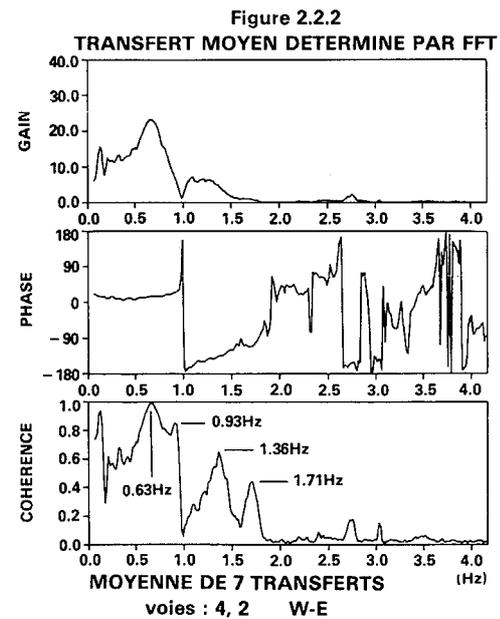
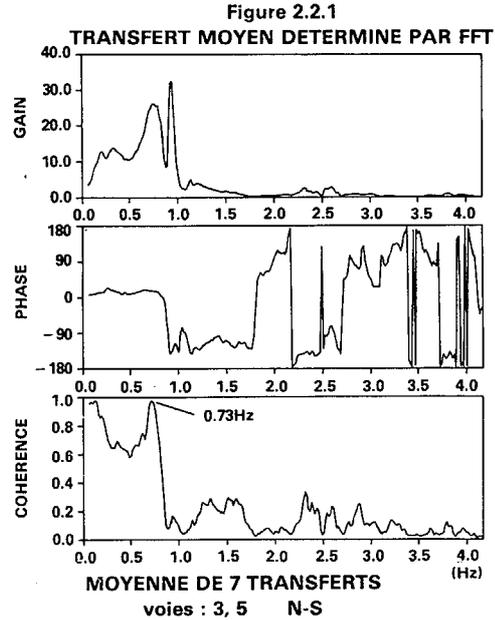
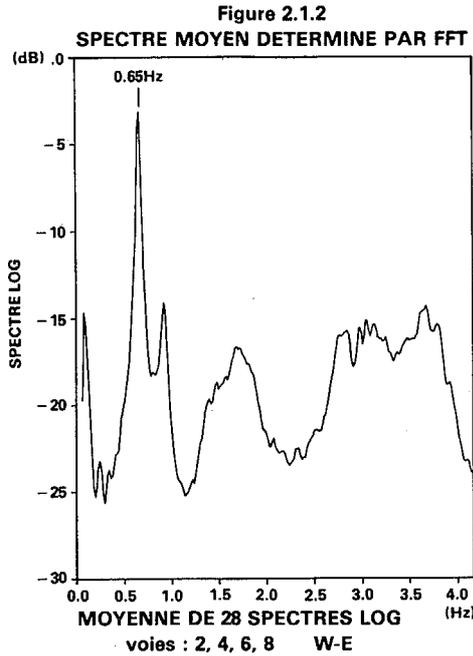
Un exemple de tels spectres de puissance obtenus sur une structure instrumentée telle que celle décrite au paragraphe 1 est présenté sur les figures 2.1.1 et 2.1.2. Les sept séquences de 41 minutes acquises au cours d'une tempête ont été traitées de la façon suivante :

- calcul pour chaque voie et chaque séquence de la densité spectrale de puissance par transformation de Fourier rapide (FFT) sur 79 blocs de 1024 points avec recouvrement de 50% et pondération par une fenêtre de Hanning.
- calcul du spectre logarithmique normalisé en donnant la valeur de 0 dB au plus fort pic dans la bande passante.
- moyenne des spectres logarithmiques normalisés sur les 7 séquences disponibles.
- moyenne des spectres logarithmiques ainsi obtenus pour toutes les voies accélérométriques d'axe N-S d'une part et d'axe W-E d'autre part, respectivement tracés sur les figures 2.1.1 et 2.1.2.

On constate sur ces figures la présence d'une série de pics. Le pic au voisinage de 0,1Hz correspond à la réponse forcée à la fréquence de la houle. Le pic à 0,73Hz sur le spectre N-S correspond au premier mode de flexion de la structure dans ce plan. Le pic à 0,65Hz sur le spectre W-E correspond au premier mode de flexion de la structure dans cet autre plan de symétrie. Le pic à 0,93Hz sur les deux spectres correspond au premier mode de torsion de la structure. Les autres pics ne peuvent être aussi clairement identifiés.



LES APPORTS DES METHODES ARMA ET MDS EN ANALYSE
DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES OFFSHORE FIXES



2.2 - Analyse des fonctions de transfert

Un moyen plus puissant que l'utilisation des spectres logarithmiques en analyse de comportement dynamique des structures offshore est le recours aux fonctions de transfert et de cohérence (la fonction de transfert utilisée est la fonction de transfert complexe, permettant l'analyse du gain et du déphasage entre les deux voies).

L'existence d'un mode vibratoire d'ensemble d'une structure se caractérise, dans le plan principal de déformation modale, par une cohérence élevée à la fréquence de ce mode. Les deux composantes de la fonction de transfert à la fréquence ainsi déterminée permettent alors de se faire une idée de la forme de la déformée modale.

Un exemple de fonctions de transfert est présenté sur les figures 2.2.1 et 2.2.2. Les sept séquences acquises au cours de la tempête ont été traitées pour deux couples de voies :

- 5 (base N-S) et 3 (pont N-S)
- 4 (base W-E) et 2 (pont W-E)

Les fonctions de transfert et de cohérence sont calculées par FFT sur 79 blocs de 1024 points avec recouvrement de 50% et pondération par une fenêtre de Hanning pour chaque séquence et moyennées sur les sept séquences.

Sur la figure 2.2.1 (N-S), seul le pic de cohérence à 0,73Hz apparaît nettement. A cette fréquence, correspondant au premier mode de flexion N-S, la phase est voisine de 0 et le gain est de 25,6. Il convient de noter que le pic de gain à 0,93Hz étant associé à une cohérence très faible ne correspond pas à un mode d'axe N-S.

Sur la figure 2.2.2 (W-E), plusieurs pics significatifs peuvent être relevés sur la cohérence :

- fréquence 0,63 Hz, phase $\approx 0^\circ$, gain $\approx 23,2$
- fréquence 0,93 Hz, phase $\approx 15^\circ$, gain $\approx 7,2$
- fréquence 1,36 Hz, phase $\approx -135^\circ$, gain $\approx 5,0$
- fréquence 1,71 Hz, phase $\approx -115^\circ$, gain $\approx 1,0$

Il convient de noter que le pic de cohérence à 1,36 Hz ne correspond à aucun pic sur le spectre de puissance W-E.

2.3 - Remarques sur les possibilités des analyses de spectres et de fonctions de transfert

Comme on peut le constater dans les exemples fournis, seuls les tous premiers modes de vibration d'une structure peuvent être correctement mis en évidence sur les spectres de puissance et sur la fonction de cohérence.

Le recours aux fonctions de transfert et de cohérence ne permet d'analyser directement que les modes pouvant se caractériser par deux voies de mesure. Il est donc nécessaire de calculer un nombre important de fonctions de transfert et de cohérence pour couvrir tous les couples de capteurs susceptibles de fournir des informations sur le comportement de la structure et de recourir à un calcul complémentaire pour en retirer des informations globales.

Afin de combler les lacunes de ces méthodes classiques, l'IFREMER (CNEXO) a mis au point deux méthodes nouvelles et ces méthodes ont été rendues opérationnelles à la demande de SNEA(P) :

- la recherche des pics du spectre par filtrage auto-régressif à moyenne adaptée (ARMA)
- l'analyse des déformées modales par diagonalisation des matrices de densités inter-spectrales (MDS)



LES APPORTS DES METHODES ARMA ET MDS EN ANALYSE
DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES OFFSHORE FIXES

Les deux méthodes ont été mises en œuvre par SYMINEX pour le traitement des données acquises sur les structures opérées par le Groupe Elf Aquitaine.

3 - RECHERCHE DES PICS DU SPECTRE PAR FILTRAGE AUTO-REGRESSIF A MOYENNE ADAPTEE (ARMA)

3.1 - Théorie du filtrage auto-régressif (voir ref.1)

L'objet de ce paragraphe n'est pas d'exposer in extenso la théorie du filtrage auto-régressif à la base du calcul d'estimation spectrale mais de fournir les points importants de cette théorie.

Considérant un signal mesuré (s_n), la modélisation auto-régressive à moyenne adaptée consiste à rechercher les caractéristiques du filtre linéaire (a_k) transformant un bruit blanc gaussien centré (u_n) en signal (s_n) par la relation :

$$s_n = - \sum_{k=1}^p a_k s_{n-k} + \sum_{l=0}^q b_l u_{n-l}$$

La fonction de transfert en z de ce filtre est alors :

$$\forall z \in \mathbb{C} \quad H(z) = \frac{\sum_{l=0}^q b_l z^{-l}}{\sum_{k=0}^p a_k z^{-k}} \quad \text{avec } a_0 = 1$$

Deux cas particuliers de tels modèles peuvent exister :

- si $H(z)$ ne comprend que des zéros, c'est à dire si $a_k = 0 \quad \forall k \neq 0$, le modèle est à moyenne adaptée (MA)
- si $H(z)$ ne comprend que des pôles, c'est à dire si $b_l = 0 \quad \forall l \neq 0$, le modèle est auto-régressif (AR)

Le filtre auto-régressif est stable si tous les pôles de $H(z)$ sont à l'intérieur du cercle unité.

On montre d'autre part qu'un oscillateur harmonique excité par un bruit blanc gaussien présente une réponse dont le filtre correspondant possède deux pôles conjugués.

Soit $z = \rho e^{i\varphi}$ l'un de ces pôles conjugués, le calcul montre que :

$$\rho = e^{-\Delta t \alpha \omega_0}$$

$$\varphi = \Delta t \omega_0 \sqrt{1 - \alpha^2} = \Delta t \omega$$

- où ω_0 est la pulsation propre non amortie
 ω est la pulsation propre amortie
 α est le coefficient d'amortissement
 Δt est la période d'échantillonnage du signal

La densité spectrale de puissance peut être calculée à partir de la fonction de transfert du filtre $H(z)$ puisque :

$$S(\omega) = H(z)^2 \sigma_a^2 \quad \text{pour } z = e^{j\omega T}$$

σ_a^2 étant la densité spectrale d'énergie du bruit blanc gaussien.

Etant donné un signal (s_n) à modéliser par un filtre auto-régressif à moyenne adaptée, la détermination des coefficients (a_k) du filtre s'obtient par minimisation de l'erreur quadratique entre la valeur prédite \hat{s}_n par le filtre et la valeur s_n mesurée. Cette minimisation par la méthode des moindres carrés amène à résoudre un système linéaire $R \times A = r$.

Ce système est connu sous le nom d'équations de Yule-Walker. La matrice R est une matrice inversible. On peut montrer que les pôles ainsi obtenus sont à l'intérieur du cercle unité et que le filtre auto-régressif est donc stable.

La résolution des équations de Yule-Walker peut se faire par diverses méthodes, dont plusieurs méthodes récursives (Levinson, Yule-Walker, Burg, gradient, Kalman). La méthode de Burg donne les meilleurs résultats.

L'ordre p du filtre conditionne l'efficacité du prédicteur puisque les $p/2$ paires de pôles obtenus correspondent à $p/2$ maxima du spectre d'énergie. Une estimation de l'ordre optimum a été effectuée par Akaike.

3.2 - Application de la méthode ARMA aux mesures accélérométriques effectuées sur les plate-formes offshore fixes

Comme on l'a vu dans le paragraphe précédent, le filtrage auto-régressif permet de déterminer les fréquences propres (et les amortissements) d'une structure. Dans le cas des mesures accélérométriques sur plate-formes, les 40960 valeurs acquises sur chaque accéléromètre sont traitées sous forme de 158 fenêtres de 512 valeurs se recouvrant de 50%. La majeure partie de l'énergie se trouvant dans la bande de fréquence correspondant à l'action forcée de la houle (0 à 0,2 Hz), une amélioration sensible de la précision de détermination des pôles résulte d'un filtrage de ces fréquences ne fournissant aucune information sur les modes et donc l'intégrité de l'ouvrage. Ce filtrage est obtenu par modélisation auto-régressive, avec un nombre de pôles très limité (2 pôles en général), la résolution des équations de Yule-Walker étant réalisée par la méthode de Burg. Le signal filtré peut alors être traité par une modélisation auto-régressive, le critère d'Akaike imposant le nombre de pôles (30 environ). La détermination directe des zéros du polynôme ($a_k z^{-k}$) posant des problèmes de résolution numérique, les fréquences propres sont recherchées sur les maxima du spectre lissé calculé à partir de cette modélisation auto-régressive.

Afin de pouvoir établir des statistiques basées sur un nombre suffisant de fenêtres d'observation (158 fenêtres par séquences, plusieurs séquences au cours d'une tempête, plusieurs voies de mesure), il est nécessaire de normaliser les résultats obtenus sur chaque fenêtre avant d'opérer le cumul. Une norme à la fois très simple et très performante a été mise au point. Cette norme consiste à comptabiliser les occurrences de fréquences propres dans des classes de fréquence pré-établies. Le résultat final, exprimé sous forme de "pourcentage d'occurrence des pics spectraux", constitue un histogramme des fréquences modales. Cet histogramme permet la détermination des différentes fréquences modales mais aussi de leur variabilité au sein de l'échantillon de signaux traités.

Les figures 3.2.1 et 3.2.2 présentent les résultats obtenus sur les données ayant servi au calcul des spectres logarithmiques (figure 2.1.1 et 2.1.2).

On constate que les pics sont nettement mieux identifiés que dans le spectre logarithmique. En permettant l'extraction et la localisation de pics correspondant à un signal extrêmement faible, et en fournissant de façon directe une estimation du coefficient d'amortissement des différents modes, la méthode ARMA apporte un progrès dans la sensibilité des méthodes de suivi de comportement vibratoire des structures complexes que constituent les plate-formes offshore fixes.

Néanmoins, la méthode ARMA n'est pour l'instant qu'une méthode unidimensionnelle et, de ce fait, ne permet pas à elle seule l'analyse de la forme du mode ainsi détecté.



LES APPORTS DES METHODES ARMA ET MDS EN ANALYSE
DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES OFFSHORE FIXES

Figure 3.2.1
FONCTION DE REPARTITION DE PROBABILITE
DES PICS SPECTRAUX

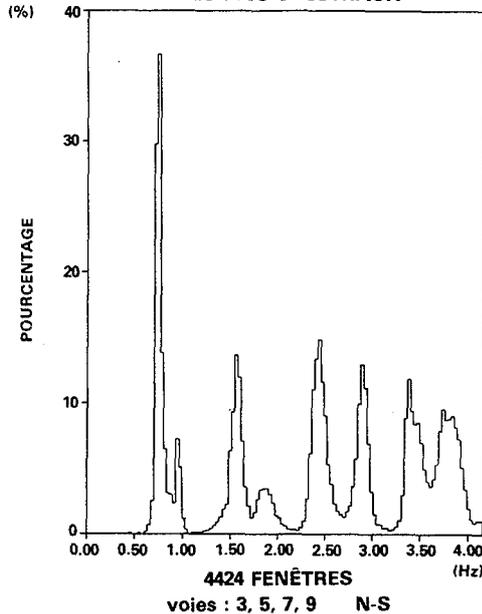
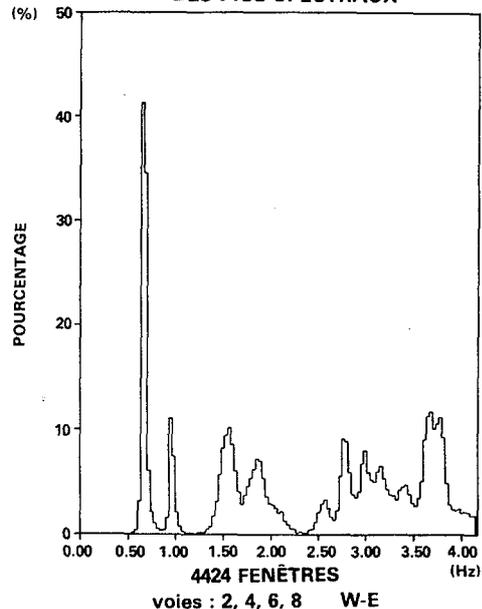


Figure 3.2.2
FONCTION DE REPARTITION DE PROBABILITE
DES PICS SPECTRAUX



4 - ANALYSE DES DEFORMÉES MODALES PAR DIAGONALISATION DES MATRICES DE DENSITE SPECTRALE

4.1 - Principe de la méthode (voir ref. 2)

Soit $v(t)$ un vecteur composé des $2 \times n$ séries temporelles acquises sur n capteurs à deux axes sensibles orthogonaux.

$$v(t) = (v_1(t), \dots, v_{2n}(t))$$

On définit le vecteur transformée de Fourier de $v(t)$ par :

$$V(\omega) = (X_1(\omega), \dots, X_{2n}(\omega))$$

La matrice S des densités spectrales à la fréquence ω est alors :

$$S(\omega) = [S_{ij}(\omega)]$$

$$\text{où } S_{ij}(\omega) = \overline{X_i(\omega)} X_j^*(\omega)$$

- la barre sur l'expression indique une opération de moyennage
- $X_j^*(\omega)$ est le complexe conjugué de $X_j(\omega)$

$S(\omega)$ est une matrice $(2n, 2n)$. Si N estimateurs à des pulsations ω_n ont pu être obtenus par transformée de Fourier (ou par modélisation auto-régressive), le nombre de matrices de densités spectrales ainsi construites est bien entendu N .

Le moyennage est effectué sur un nombre suffisant d'estimations spectrales afin de garantir la représentativité statistique.

Les matrices de densités spectrales sont hermitiennes et ont donc des valeurs propres réelles positives et des vecteurs propres orthonormés.

La diagonalisation permet d'exprimer une matrice de densités spectrales dans sa base de vecteurs propres.

L'interprétation du résultat obtenu conduit aux éléments suivants :

- le mouvement à chaque fréquence f ($f = \omega/2\pi$) est décomposé sous forme d'une somme de $2n$ mouvements elliptiques orthogonaux dont les grands axes coïncident avec les supports des $2n$ vecteurs propres
- les valeurs propres associées à chaque vecteur propre caractérisent l'énergie de la composante du mouvement correspondant
- la trace de la matrice, invariante dans un changement de repère, représente l'énergie totale à la fréquence f
- la plus forte valeur propre correspond à la composante dominante du mouvement (énergie dominante) et le vecteur propre associé caractérise cette composante dominante
- les autres valeurs propres et vecteurs propres associés représentent les diverses composantes parasites (bruit) non corrélées avec le mouvement dominant.

Dans le cas d'une fréquence correspondant à un mode propre de la structure, le vecteur propre associé à la plus forte valeur propre de la matrice diagonalisée représente la déformée modale de la structure à cette fréquence.

4.2 - Application en suivi du comportement de structure

Les mesures présentées dans le paragraphe 1 ont été utilisées pour calculer, par la méthode MDS, les déformées modales de la structure aux fréquences correspondant aux pics trouvés par l'analyse auto-régressive par méthode ARMA présentée au paragraphe 3.

Les estimations spectrales à la base du calcul des matrices $S(\omega)$ ont été obtenues par FFT sur des blocs de 1024 points avec 50% de recouvrement et application d'une fenêtre de Hanning. La résolution en fréquence obtenue est donc de 0,0163 Hz. Le moyennage a porté sur 79 fenêtres par séquence et 7 séquences au cours de la tempête étudiée. Les quatre groupes de deux accéléromètres horizontaux approximativement disposés comme indiqué sur la figure 1 ont été utilisés pour faire l'analyse dans l'espace de dimension 8 associé.

Les résultats obtenus pour cinq fréquences particulières sont présentés sur les figures 4.2.1 à 4.2.5 et commentés ci-dessous :

- figure 4.2.1 : fréquence 0,65Hz observée sur le spectre moyen W-E et correspondant au premier mode de flexion W-E de la plateforme
- figure 4.2.2 : fréquence 0,73Hz observée sur le spectre moyen N-S et correspondant au premier mode de flexion N-S de la plateforme
- figure 4.2.3 : fréquence 0,94Hz observée sur les spectres W-E et N-S et correspondant au premier mode de torsion
- figure 4.2.4 : fréquence 2,44Hz observée sur le spectre moyen N-S et correspondant à un mode d'ordre 2 à dominante N-S
- figure 4.2.5 : fréquence 3,37Hz observée sur le spectre moyen N-S et correspondant à un mode local de la base de la face Nord de la plateforme



LES APPORTS DES METHODES ARMA ET MDS EN ANALYSE
DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES OFFSHORE FIXES

Figure 4.2.1

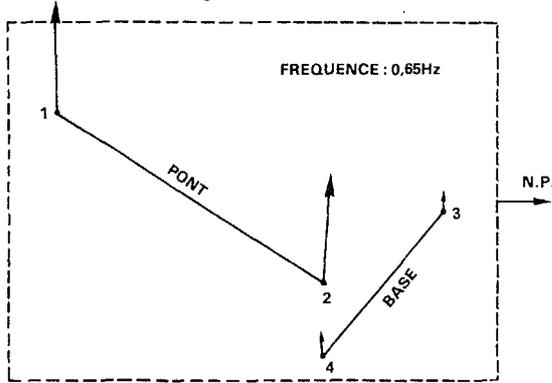


Figure 4.2.5

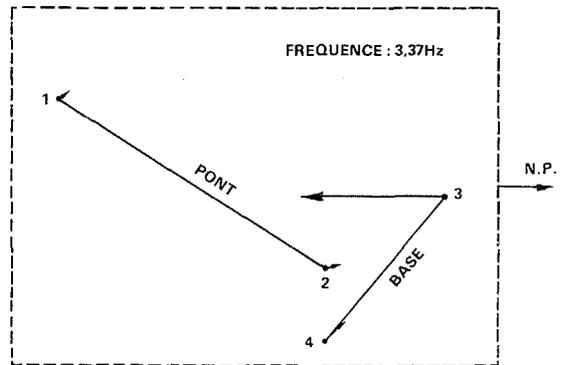


Figure 4.2.2

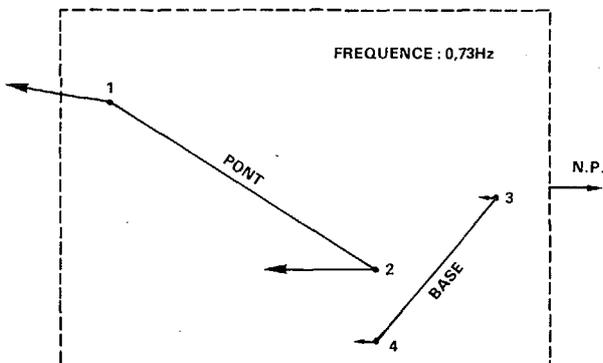


Figure 4.2.3

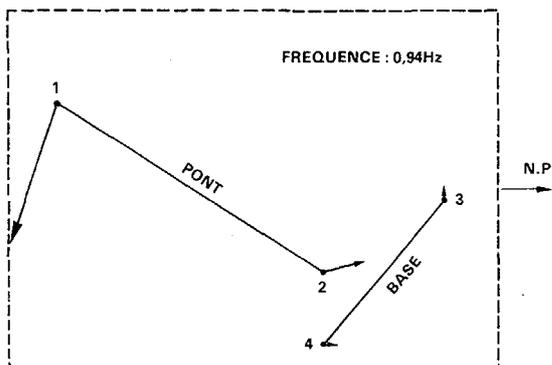
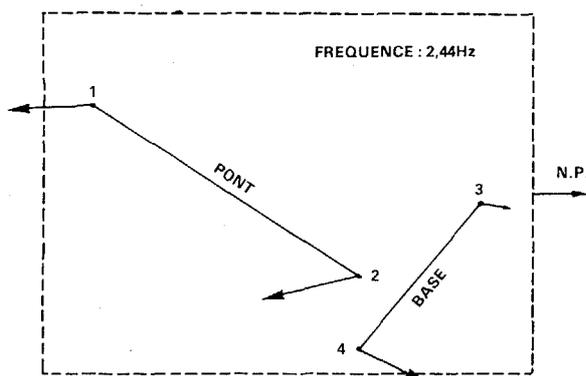


Figure 4.2.4



Nb : les numéros sont ceux des accéléromètres disposés suivant l'exemple fourni sur la figure 1.

CONCLUSIONS

Comme on peut le constater dans les exemples fournis, les deux méthodes mises au point par l'IFREMER et implantées par SYMINEX apportent un net progrès dans la compréhension et le suivi du comportement vibratoire des structures offshore fixes.

La méthode ARMA augmente considérablement les possibilités de détection de modes de fréquence élevée et de dynamique faible.

La méthode MDS permet d'extraire pour chaque fréquence modale la déformée modale correspondante en décorrélant le signal correspondant des bruits parasites. Considérant les signaux mesurés dans leur ensemble, elle constitue un véritable outil d'analyse modale sous excitation ambiante (houle et vent), c'est à dire une excitation transitoire, instationnaire et multi-directionnelle. La bonne stabilité, à court et moyen terme, des déformées modales ainsi obtenues et la grande sensibilité des modes de fréquence élevée à un défaut local permettent de considérer cette méthode comme un moyen économique de suivi de l'état d'une structure instrumentée en un nombre suffisant de points judicieusement choisis.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier pour leur concours à la rédaction de cette communication :

- le Groupe Elf Aquitaine, et particulièrement la Direction Développement Travaux de la Société Nationale Elf Aquitaine (Production).
- l'IFREMER, centre de Brest, et particulièrement la Direction de l'Ingénierie et de la Technologie, Génie Océanique (M. BARNOUIN)

REFERENCES

- 1 - Modélisation et identification des caractéristiques d'une structure vibratoire
M. PREVOSTO - A. BENVENISTE et B. BARNOUIN
Rapport de recherche INRIA 1982
- 2 - L'analyse des matrices de densités interspectrales
B. BARNOUIN - Rapport interne 33/G0/R22 1980 - IFREMER
- 3 - Frequency versus time domain identification of complex structures modal shapes under natural excitation.
M. PREVOSTO - B. BARNOUIN et C. HOEN
IFIP Symposium Copenhagen - 1983