

1. — Objet

L'objet de cette note est de présenter les caractéristiques essentielles d'un système mis en œuvre à bord de plates-formes flottantes ou de bateaux de forage, système dont le but est d'enregistrer l'information nécessaire pour l'analyse ultérieure de leur comportement à la mer.

Ce système utilise un petit ordinateur numérique obtenant ainsi une configuration qui permet à bord un traitement partiel de l'information.

En outre, la structure du système rend possible son adaptation ou extension à d'autres fins.

Nous définirons d'abord les moyens de mesure des paramètres de mouvement et des conditions d'environnement.

2. — Mouvement de plate-forme

L'analyse du comportement d'une unité de forage repose sur la détermination de six paramètres de position définissant le déplacement et la rotation.

Toutefois, l'objet final recherché sera de former les équations différentielles du mouvement. Il est donc nécessaire de déterminer non seulement ces paramètres mais aussi leurs données première et seconde.

La formation directe de ces valeurs partant des paramètres eux-mêmes étant imprécise, il y a lieu de procéder à une mesure directe du moins des accélérations linéaires et angulaires.

On remarquera que ces accélérations sont, dans les équations différentielles du mouvement, appliquées aux coeffi-

cients d'inertie qui sont grands vis-à-vis des coefficients d'amortissement et de rappel. Il en résulte que la précision de mesure de ces accélérations doit être excellente.

En résumé, le système doit fournir simultanément :

- les composantes de translation et de rotation;
- les composantes d'accélération.

Dans le système proposé on utilise :

- un ensemble acoustique qui définit la position de plate-forme;
- une plate-forme inertielle fournissant les accélérations linéaires et angulaires.

2.1. Système acoustique.

Le choix d'une configuration géométrique et les spécifications techniques des éléments sont dictés par un certain nombre de critères.

2.1.1. Considérations générales.

a) L'erreur relative de distance acoustique entre un point A situé au fond et un point a au voisinage de la surface est sensiblement constante à l'intérieur d'un cône relativement ouvert de sommet A et d'axe vertical. Cette erreur relative sera par exemple de l'ordre de 1 % à l'intérieur d'un cône de demi-angle au sommet 45°.

Il résulte alors d'un calcul simple qu'un système acoustique utilisant par exemple plusieurs points de référence au fond est très bien adapté à la définition du mouvement horizontal de plate-forme.

Deux remarques complémentaires doivent être ici indiquées :

1. Etant donné deux points A_1A_2 au fond, le déplacement horizontal d'un point a de surface selon la direction

* Ingénieur, Société de Forage en mer « Neptune », Paris.

E. NIFFELS

A_1A_2 est d'une excellente qualité au voisinage du plan médiateur de A_1A_2 .

2. Désignant par $2d$ la distance A_1A_2 , par R la valeur commune des distances aA_1 , aA_2 , on peut mettre en évidence un coefficient de dilution géométrique de valeur R/d . Il est donc important que la dimension de la base de référence ne soit pas trop faible vis-à-vis de la profondeur.

b) Dans les cas pratiques d'analyse du comportement à la mer des unités ancrées existantes, la profondeur est limitée à quelques centaines de mètres.

Cette restriction entraîne deux conséquences importantes :

1. Pour éviter une interférence trop grave avec le bruit d'environnement ou des propulseurs, il est alors possible de choisir une porteuse acoustique relativement élevée.

2. D'autre part il sera plus simple d'utiliser une bande de mesure implantée à bord de l'unité.

2.1.2. Configuration géométrique.

Le mouvement horizontal de plate-forme sera ainsi défini dans une configuration comprenant :

— un élément immergé au fond A;

— trois éléments liés à la plate-forme a_1 , a_2 , a_3 , qui déterminent un plan horizontal. Ces trois éléments sont symétriquement disposés par rapport à la verticale de A.

Le choix de la configuration géométrique est directement lié à l'architecture de plate-forme tenant compte de la seconde remarque du paragraphe 2.1.1.

Physiquement A est un émetteur autonome, les éléments a_1 , a_2 , a_3 trois récepteurs.

2.1.3. Spécifications.

Pour une profondeur de 500' les atténuations de porteuses 10 et 100 kHz sont respectivement de 38 et 44 dbs. Le choix d'une porteuse élevée ne devient critique qu'aux grandes profondeurs.

Il est pratiquement indifférent de choisir la porteuse entre 50 et 100 kHz se fixant ainsi hors du bruit d'environnement ou de propulseur.

Dans le cas d'un bon rapport signal à bruit, l'écart quadratique de mesure de distance acoustique sera de l'ordre de 5 cm.

Définissons l'étendue de mesure par le déplacement pour lequel les erreurs aléatoires et systématiques du système sont égales. Dans le cas d'une profondeur de 100 m et d'une dimension de base de 20 m, on trouve une étendue de mesure de déplacement horizontal de ± 25 m avec une erreur de l'ordre de 30 cm.

2.2 Système inertiel.

Les composantes de translation et de rotation de plate-forme seront définies par trois accéléromètres.

2.2.1. Composantes de translation et de rotation.

Désirant éviter l'utilisation d'une plate-forme inertielle trop coûteuse comprenant soit un gyroscope de verticale soit des gyromètres, nous préconisons, pour obtenir une définition correcte des angles de roulis et tangage, l'emploi d'une solution pendule balourdé amorti correspondant aux spécifications suivantes :

Période propre . . . 120 s;
Précision 1/1006 radian pour les angles de roulis et tangage.

Ces valeurs sont cohérentes avec la précision de mesure primaire de distance acoustique.

En conjonction avec le système acoustique il devient alors possible de définir :

- les composantes de déplacement horizontal;
- les composantes de pilonnement;
- les angles de roulis tangage;
- l'angle de lacet étant fourni par un gyrocompas.

2.2.2. Accélérations linéaires et angulaires.

Comme il a été indiqué on utilisera trois groupes de trois accéléromètres situés dans un même plan horizontal par exemple à la verticale des points a_1 , a_2 , a_3 de référence acoustique.

La précision classique des accéléromètres étant de 10^{-3} g soit 1 cm/s^2 , dans l'hypothèse d'une dimension de base de 20 m, nous obtenons une précision angulaire de 10^{-3} rad/s².

Les neuf composantes d'accélération ainsi déterminées permettront d'évaluer :

- les accélérations linéaires;
- les accélérations angulaires;
- les vitesses linéaires et angulaires.

3. — Conditions d'environnement

Dans les équations différentielles définissant le mouvement de plate-forme, il est évidemment nécessaire de définir le second membre des équations, c'est-à-dire :

- l'action d'ancrage;
- la force du vent et sa direction;
- le profil et la direction de houle;
- le courant.

En ce qui concerne l'ancrage, nous considérons que l'action peut être estimée par des tensiomètres classiques du type Martin Decker.

Nous n'insisterons ici que sur le choix des capteurs définissant l'état de mer et les conditions de vent et de courant.

3.1. Choix des capteurs.

Ces capteurs doivent donner la meilleure précision accessible dans l'état actuel de la technologie, être sûrs et d'une maintenance facile. Nous indiquerons rapidement le principe de ces capteurs.

3.1.1. Houle.

Le profil de houle est défini par une bouée à accéléromètre. Cette bouée est ancrée sur une ligne élastomère, son comportement étant celui d'un élément libre flottant à la surface de la mer. Un accéléromètre vertical permet la définition du profil de houle moyennant une double intégration.

3.1.2. Vent.

Nous pensons qu'il est nécessaire de définir directement la force aérodynamique qui, dans le cas présent, sera donnée par les deux composantes cartésiennes de la traînée d'un cylindre vertical.

3.1.3. Courant.

Nous avons choisi d'utiliser un courantomètre électromagnétique qui est également un dispositif statique.

Ces divers équipements ont déjà été expérimentés et peuvent être dès à présent incorporés dans un système complet.

3.2. Réduction des données.

Il est nécessaire de donner quelques indications relativement à la réduction des données d'environnement. Cette réduction peut se faire en deux étapes :

- réduction à bord;
- évaluation des forces qui sera obtenue en temps différé à partir des enregistrements effectués.

3.2.1. Réduction directe des données.

Dans une première étape, il apparaît nécessaire d'utiliser l'ordinateur de façon à élaguer les informations obtenues. Il est en conséquence proposé d'introduire sous forme de routine annexe les programmes nécessaires pour :

- analyse spectrale du profil de houle;
- analyse statique des rafales de vent;
- détermination du vent moyen et du courant.

Les résultats de cette réduction pourront être directement imprimés.

3.2.2. Evaluation des forces.

L'objet final du système est d'améliorer notre connaissance du comportement à la mer de diverses plates-formes de forage. Cette analyse ne peut valablement être menée que par l'utilisation d'un moyen de calcul plus puissant.

Cette analyse sera en conséquence effectuée en temps différé à partir de l'information enregistrée.

Les coefficients des premiers membres des équations différentielles du mouvement et les lois qui définissent les termes présents au second membre de ces équations seront considérés comme *a priori* déterminés par des essais en bassin.

La méthode proposée consiste précisément à corriger cette première approximation tenant compte des enregistrements *in situ*.

Discussion

Président : M. P. WILLM

M. le Président remercie chaleureusement M. NIFFELS pour sa communication et ouvre la discussion.

Des mesures de tensions des chaînes d'ancrage sont-elles prévues ? et dans l'affirmative quel est le procédé utilisé ? demande M. SOMMET.

Ces efforts sont mesurés par les dispositifs Martin-Becker existant sur la plate-forme, répond M. NIFFELS, qui donne quelques précisions sur la « réduction » des efforts au centre de gravité de la plate-forme; ce dernier doit être défini à une dizaine de centimètres près, ce qui exige une certaine discipline dans la répartition des charges à bord de celle-ci.

M. GRESLOU intervient en ces termes :

« Il a été longuement question hier des efforts de la houle sur les structures; est-ce qu'à bord des plateformes équipées d'appareils de mesures de l'environnement et des mouvements de l'engin, ont été prévues également de telles mesures d'efforts sur les éléments des plates-formes ? »

De telles mesures sont réalisées sur le Pentagone et enregistrées dans un petit ordinateur qui simplifie leur exploitation. Il reste la difficulté bien connue d'installer dans la structure et de maintenir en bon état de fonctionnement les nombreuses jauges de contraintes, répond M. NIFFELS.

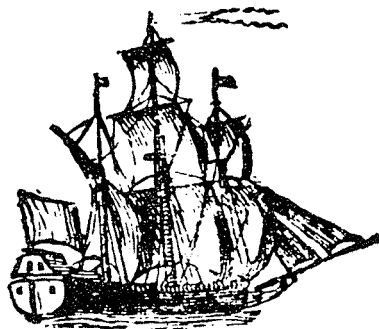
A ce point de vue, remarque M. le Président, une heureuse collaboration pourrait être instaurée entre nos collègues hydrauliciens spécialistes des mesures de contrainte dans les barrages.

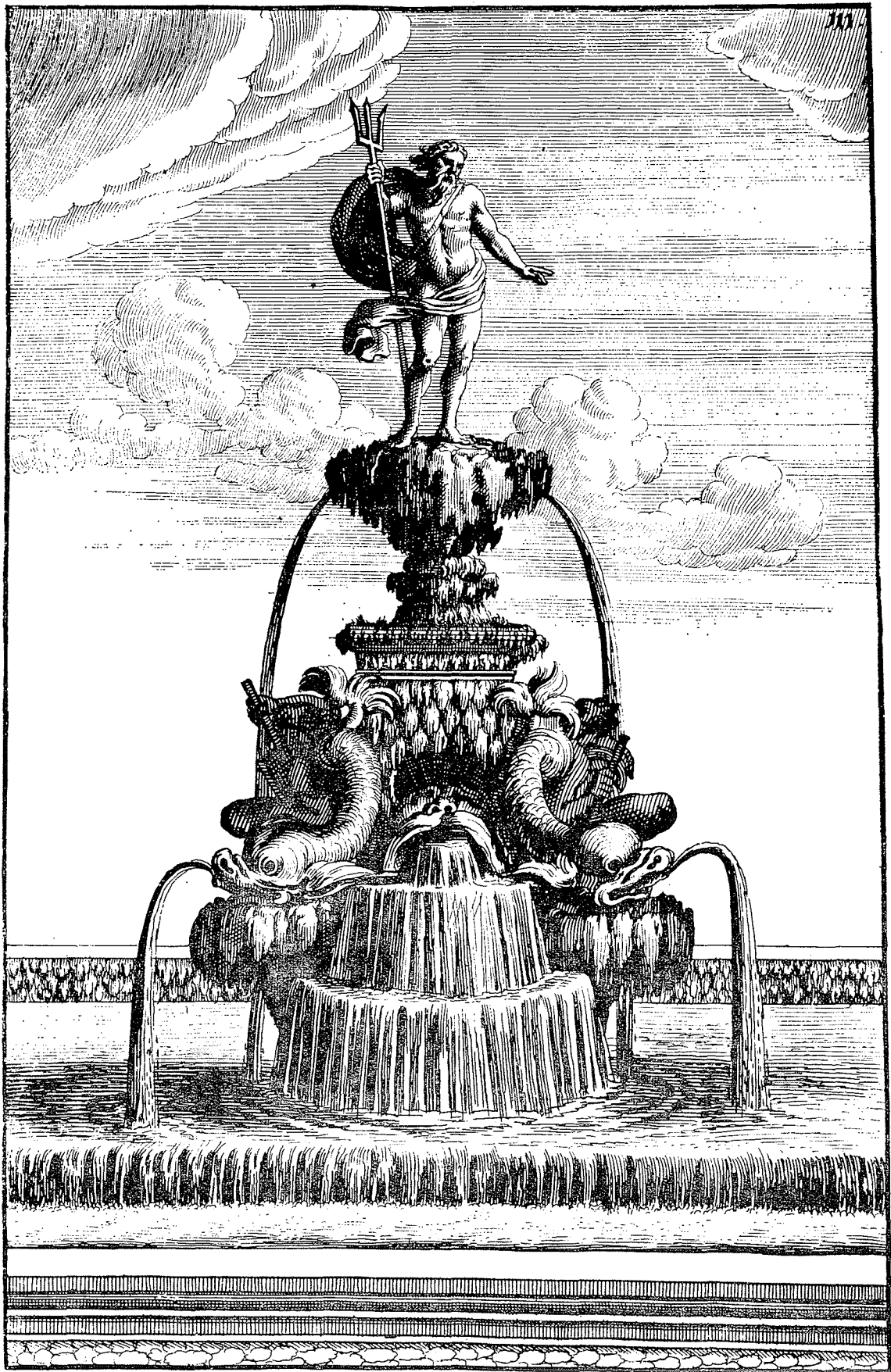
M. G. WILLM (D.T.G., E.D.F., Grenoble) donne une première réponse à la suggestion de M. le Président :

« En matière d'extensométrie, les appareils les plus robustes, utilisés dans les barrages, sont les extensomètres à cordes vibrantes. Cependant, ceux-ci se prêtent mal aux mesures dynamiques; aussi, dans le domaine hydraulique a-t-on le plus généralement recours aux jauges à variation de résistance dont la plus grande sujétion d'emploi réside dans la nécessité d'une excellente isolation.

« J'ajoute qu'un appareil de téléextensométrie vient d'être mis au point par nos collègues de la D.T.G.; c'est un appareil autonome de petite dimension qui transmet ses informations par modulation d'une onde porteuse à basse fréquence, susceptible de traverser une certaine épaisseur d'eau. Je crois, par ailleurs, que nos collègues des Etudes et Recherches d'E.D.F. ont de leur côté, pu opérer dans l'eau de mer sur les turbines de la Rance. Peut-être de tels appareils pourraient-ils être utilisés pour les structures faisant l'objet de la séance d'aujourd'hui. »

Tenu par les exigences de l'horaire, M. le Président clôt la discussion en remerciant les personnalités qui l'ont animée.





Gravure extraite de *Architectura curiosa nova* par G. A. BOCKLERN
Nuremberg (1664)