

Chapter 6

SUR LES PHENOMENES PARASITES DANS UN CANAL A HOULE

J. Kravtchenko

Professeur à la Faculté des Sciences
Directeur des Laboratoires de Mécanique des Fluides
de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique et d'Hydraulique
de Grenoble - France

et

L. Santon

Professeur à la Faculté des Sciences
Directeur Technique des Laboratoires de Mécanique des Fluides
de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique et d'Hydraulique
de Grenoble - France

L'un de nous a donné dans une autre communication (1) la description et quelques exemples d'utilisation d'un appareil enregistreur de houle au laboratoire. L'heureuse solution apportée ici à l'étude d'une perturbation observée dans certains enregistrements, illustre la puissance d'analyse de l'appareil.

Nous tenons à remercier M. Marcou qui, avec l'aide de M. Apté pour les dernières expériences, a réalisé les très nombreux enregistrements du phénomène et en a noté soigneusement les particularités.

Dès les premiers enregistrements que nous avons obtenus, nous avons été frappés par l'apparition d'un phénomène bizarre qui apparaissait pour certaines périodes et pour d'assez fortes amplitudes.

Dans un premier stade d'étude, nous avons eu soin de nous placer en dehors de ces conditions critiques.

Dans un deuxième stade, nous sommes revenus sur l'étude du phénomène.

A première vue, les enregistrements litigieux nous sont apparus comme une alternance de traits longs et courts. Un examen plus sérieux nous a montré que l'on a, en réalité, des traits alternativement en avance et en retard sur une position moyenne (Fig. 1). Si l'on joint les extrémités des traits de rang pair, d'une part, et celles des traits de rang impair, d'autre part, on obtient deux courbes d'allures sinusoïdales déphasées l'une par rapport à l'autre et dont les amplitudes peuvent être différentes selon la position considérée (Fig. 2). En fait, la véritable période du phénomène est $2T$ comme le montre indiscutablement l'enregistrement à vitesse moitié (un tour du cylindre pour 2 périodes du batteur).

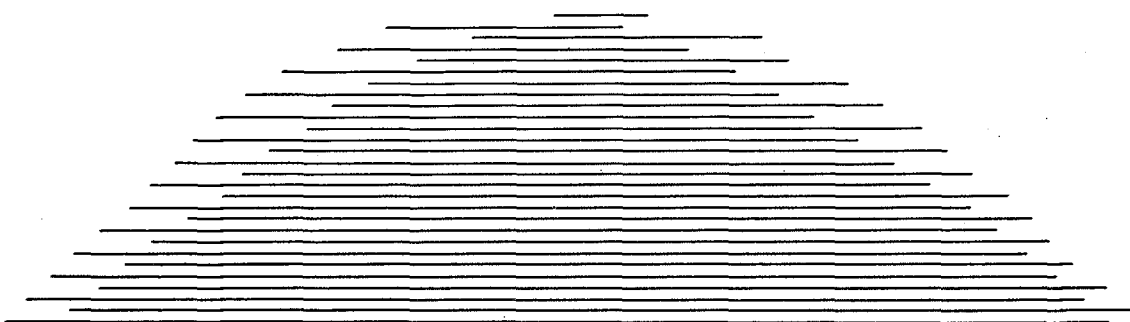


Fig. 1 - Schéma de la partie centrale d'un enregistrement (pour la clarté de la figure on a reproduit seulement un trait sur trois).

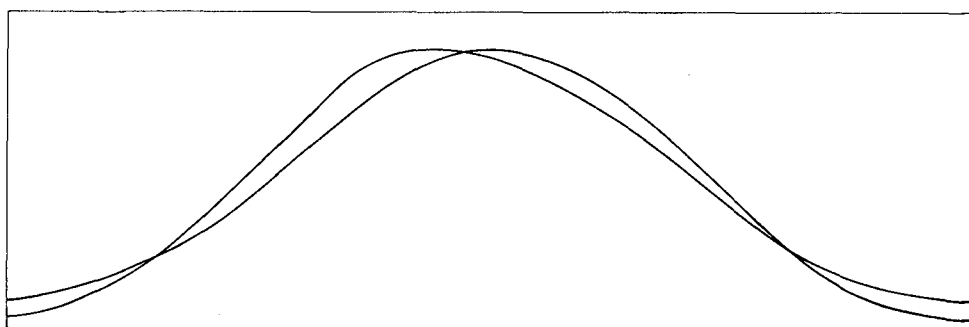


Fig. 2 - Profil de la houle en fonction du temps $z = f(t)$ déduit de la figure précédente et montrant l'existence d'une période $2T$ et la présence de l'harmonique $2T/3$.

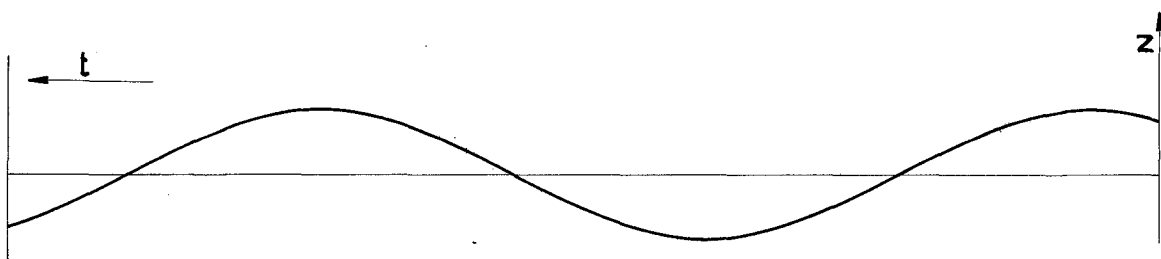


Fig. 3 - Tracé de l'harmonique de période $2T/3$ pris sur la fig. 2 (cotes amplifiées).



Fig. 4 - Tracé de l'harmonique de période $2T/5$ pris sur la fig. 2 (cotes amplifiées).

Le retard entre deux vagues consécutives peut, à son maximum, s'écarter de T de 23 mm sur l'enregistrement, ce qui correspond à 0,041 s, soit environ $T/20$; c'est donc bien l'extrême sensibilité de nos enregistrements qui met en évidence un phénomène assez fin.

Dès lors, se pose le problème de la génération d'un phénomène de période double de celle de l'organe moteur, ce que nous avons appelé un sous-harmonique.

Nous avons d'abord cherché à préciser les conditions d'apparition du phénomène.

Nous avons constaté que l'amplitude de la houle au-dessus de laquelle le phénomène parasite apparaît, est assez bien définie, pour les périodes qui permettent la production de ce phénomène. Pour la profondeur de 31,46 cm qui a été celle de la plupart de nos essais, elle a été trouvée de l'ordre de $2a = 35$ mm. Nous avons réussi à obtenir le phénomène parasite pour des amplitudes pour faibles ; pour cela il est amorcé avec des amplitudes fortes, le batteur est ensuite arrêté pendant la demi-minute nécessaire pour diminuer la longueur de la manivelle d'entraînement, puis il est remis en marche avant que le mouvement parasite ne soit amorti ; la perturbation réussit alors à s'entretenir sans qu'aucune précaution particulière soit à prendre quant à la phase où le batteur est remis en marche. On peut penser que le mouvement transversal, aussi faible qu'il soit, suffit à amorcer une disparité dans les déferlements sur le batteur, par exemple, et que cette disparité engendre, à son tour, le mouvement rythmé parasite.

Nous avons constaté que le mouvement parasite se produit pour une bande de périodes comprises entre 0,8 et 0,9 s, l'apparition du phénomène étant d'autant plus rapide qu'on se trouve vers le centre de la bande, soit 0,85 s. Nous avons, d'autre part, recherché quelles sont les périodes propres aux oscillations transversales qui peuvent s'accorder sur une période située dans la bande des périodes critiques du batteur. Pour la largeur de 50 cm de notre canal et pour la profondeur 31,46 cm, le clapotis binodal correspond à une longueur d'onde de 50 cm et la formule classique :

$$\frac{1}{T^2} = \frac{g}{2\pi\lambda} \tanh \frac{2\pi h}{\lambda}$$

nous donne la période 0,5695 s, soit très sensiblement les $2/3$ de la valeur centrale de la bande critique du batteur : 0,567 s.

Ultérieurement, nous avons reconnu que, lorsque le phénomène se produit avec le maximum d'intensité, en arrêtant le batteur, le clapotis transversal persiste après arrêt du batteur et amortissement à peu près complet de l'agitation laissée par la houle progressive principale ; il devient alors justiciable de l'observation visuelle directe. Ce clapotis présente deux noeuds à $b/4$ des bords du canal et des ventres sur les parois ainsi que dans le plan de symétrie du canal. Aux ventres, l'amplitude

des déplacements verticaux de la surface libre se maintient assez longtemps à une valeur de 2 à 3 mm. Sur 50 oscillations complètes, nous avons pu mesurer avec précision la période et l'avons trouvée égale à 0,570 s.

Nous avons donc réglé le batteur à la période :

$$0,570 \times 3/2 = 0,855 \text{ s.}$$

pour obtenir au mieux le phénomène recherché, mais nous devons signaler que la résonance n'est pas très aigüe et que, pour des périodes comme 0,875 s, nous avons encore obtenu d'excellents enregistrements.

Nous avons pensé que nous nous trouvions en présence d'un clapotis transversal comme il s'en produit souvent dans les canaux à houle et qu'on élimine en général par l'emploi de guideaux parallèles au plan de symétrie du canal et disposés soit sur le batteur, soit dans le canal lui-même (2), (3). Nous nous sommes attachés à l'étudier. Pour cela, nous avons cherché à régulariser le phénomène, c'est-à-dire à diminuer son amplitude et nous avons disposé dans le canal, des filtres à houle. Nous avons effectivement obtenu un phénomène présentant une période fondamentale qui est bien celle du clapotis binodal ; mais, lorsque nous avons repris l'exploration transversale du canal, nous avons eu la surprise de constater qu'il n'y avait plus ni noeud ni ventre et que le phénomène parasite se réduisait, au moins à l'égard des moyens d'investigation dont nous disposions, à une houle progressive dont l'élément dominant avait conservé la période $2 T/3$ qui était celle du clapotis binodal avant qu'on ne le réduise à devenir inappréciable.

C'est ainsi que le mouvement transversal n'apparaît plus, dans cette communication, que comme le phénomène probablement générateur, mais invisible, d'un phénomène progressif que nous avons pu étudier d'une manière assez complète.

Nous avons fait l'analyse harmonique du phénomène parasite et, pour cela, notre appareil a permis l'élimination instantanée de la houle principale de période T sans autre hypothèse que sa périodicité et la propriété du phénomène parasite d'être linéaire. En effet, le phénomène principal n'est certainement pas linéaire, mais un raisonnement sommaire permet, en première approximation, de considérer comme linéaires les lois de propagation du phénomène parasite ; c'est pourquoi l'emploi de l'analyse harmonique nous a paru justifié.

La cote z de la surface libre en un point peut se mettre sous la forme :

$$z = f(t) = \varphi(t) + a_1 \sin \left[\frac{\pi t}{T} + \alpha_1 \right] + a_3 \sin \left[\frac{3\pi t}{T} + \alpha_3 \right] + \\ + a_5 \sin \left[\frac{5\pi t}{T} + \alpha_5 \right] + a_7 \sin \left[\frac{7\pi t}{T} + \alpha_7 \right]$$

la fonction $\varphi(t)$ étant périodique en t et de période T . Si l'on forme $f(t+T)$ $\varphi(t)$ ne change pas et tous les autres termes changent de signe, la différence :

$$h(t) = f(t) - f(t+T)$$

représente donc la somme des fonctions de périodes $2T/k$, k étant impair.

Or, sur notre enregistrement, la fonction $h(t)$ se lit directement.

Nous en avons fait le relevé et procédé à son analyse harmonique.

Les résultats sont les suivants :

Pour une houle principale dont l'amplitude $2a$ est environ 45 mm, on trouve pour les harmoniques de période $2T/3$ et $2T/5$ les représentations données sur les figures 3 et 4, les valeurs numériques des coefficients a_3 et a_5 sont respectivement 1,4 mm et 0,4 mm, Pour les termes a_1 et a_7 l'analyse n'a pu être terminée, mais il semble que leur valeur soit de l'ordre de 0,15 mm.

Les enregistrements faits dans le milieu du canal aussi bien que là où auraient dû se trouver les noeuds du clapotis transversal, ont donné sensiblement les mêmes valeurs pour les coefficients.

L'étude des phases des différents harmoniques n'a pu être faite pour le moment, puisque la nécessité d'opérer avec un agrandissement de 3 n'a pas permis les enregistrements simultanés.

Cette étude sera reprise après modification du chariot porte-stylet mais déjà la constance des amplitudes des différents harmoniques nous permet de conclure que le phénomène parasite est constitué par une houle progressive plane complexe de périodes $2T/k$ avec prédominance du terme en $2T/3$.

La mise en évidence de mouvements de périodes pT/k nous paraît poser des problèmes intéressants et constitue une preuve de l'efficacité de l'enregistreur ; il est vraisemblable que ce phénomène est lié au caractère non linéaire de la houle fondamentale, point que nous espérons vérifier ultérieurement.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - L. Santon - Enregistrement graphique d'une houle de laboratoire - Analyse harmonique - Proc. of the Vth Conf. on Coastal Engineering.
- 2 - G.F.Dixon - Contribution du modèle réduit à l'étude des aménagements portuaires - Influence de l'échelle sur l'amortissement, la réflexion et la diffraction de la houle - Thèse - Grenoble 1949.
- 3 - E.O. Macagno - Houle dans un canal présentant un passage en charge - Thèse - Grenoble 1953 et Houille Blanche - 1954 - n° 1.

RESUME

THE PARASITE PHENOMENON IN A WAVE CANAL

J. Kravtchenko and J. Santon

A detailed study of wave profiles undertaken by our laboratory and making use of a wave recording apparatus, which is the subject of another paper, has drawn our attention to a parasite phenomenon. In certain conditions this phenomenon has a period twice that of the principal movement.

The phenomenon appears only over a certain range of periods and has been shown to be the result of a transversal clapotis. The appearance of a transversal clapotis in wave canals is not rare and in practice it is eliminated by placing vertical guides parallel to the longitudinal axis of the canal.

We have succeeded in eliminating the transversal clapotis reasonably well, by the use of wave filters. But a progressive phenomenon, with the period of the clapotis, has remained and it has been possible to analyse it.

Our recordings have allowed the principal phenomenon to be easily separated from the parasite phenomenon, independently of any hypothesis on the nature of the former. The parasite phenomenon has been shown to be a progressive wave whose basic period was $2/3$ that of the wave paddle.

Such a period $2T/3$ was in effect that corresponding to the binodal transversal clapotis which seemed to be the easiest to realise when the paddle was symmetrical.

An harmonic analysis of the parasite movement has been made. This has shown the presence, together with the predominant movement of period $2T/3$, of a movement of period $2T/5$ with an appreciable amplitude, and probably of movements of period $2T$ and $2T/7$ of very small amplitude.