

SESSION III

DISCUSSIONS

Question de A. Temperville à H. Oumeraci.

A quoi sert la « démarche » pour les politiques ?

• Réponse :

La démarche présentée est un cadre d'analyse des risques d'inondations littorales destiné en premier lieu à la conception, au dimensionnement et à la vérification de la sécurité des défenses littorales sur une base probabilistique. Cette démarche, répondant le mieux aux principes de développement durable, peut aussi servir comme cadre idéal pour les décisions politiques relatives aux stratégies de défenses littorales. Le risque étant une notion bien définie et bien comprise par les décideurs techniciens et non-techniciens, cette démarche constituera aussi une plate-forme idéale de dialogue en vue de développer des concepts de sécurité transparents et unifiés au niveau national et international ainsi qu'à travers différentes disciplines.

Question de J.C. Brun-Cottan à H. Oumeraci.

Dans la prédiction à long terme (> 10 ans), quel est le poids de l'incertitude sur l'évolution climatologique ? Autrement dit est-ce que ces modèles donneraient les mêmes réponses avant le 26/ 12/ 99 et après ?

• Réponse :

C'est l'essence même de cette méthode probabilistique que de tenir compte explicitement de toute incertitude des modèles de prédiction ainsi que des paramètres y rentrant dans ces modèles. De plus les coûts de ces incertitudes peuvent être évalués. Toutefois ces incertitudes doivent être auparavant „quantifiées“. C'est surtout dans ce dernier aspect que résidera la difficulté de prendre en compte la variabilité météo-climatique dans les prédictions à long terme.

Question de N. Metzler à H. Oumeraci.

Sur l'apport réel de la notion de « risque calculé » pour les décideurs locaux ?

• Réponse :

La notion du „risque calculé“ comparé au „risque admissible“ pourrait être d'un apport réel aux décideurs locaux surtout en ce qui concerne les aspects suivants:

- création d'une plate-forme rationnelle, transparente et impartiale de dialogue entre les différents partis

- outil idéal pour l'intégration de tous les aspects des défenses littorales dans la conception et la gestion de ces dernières (indispensable pour la gestion intégrée des zones littorales)
- Instrument idéal pour le contrôle régulier et la mise à jour de la sécurité des ouvrages en fonction de nouvelles données (Bayesian updating techniques).
- Seul outil capable d'arriver à une unification des concepts de sécurité répondant aux critères de développement durable.
- permet de prendre en compte la gestion du risque résiduel comme partie intégrale de la conception des ouvrages et par là, impose, la considération des plans de maintenance, d'inspections, de restaurations et d'urgence comme partie intégrale de la conception. Cette transparence permettra une meilleure acceptation des projets par le public et les décideurs politiques locaux ou non.

Commentaire de H. Oumeraci à F. Murzyn.

Je suggère d'utiliser un rendement hydraulique moins ambigu : $R = 1 - K_T^2$ car le praticien est intéressé en premier lieu par le degré de protection de l'ouvrage contre la houle et non par la dissipation elle-même qui d'ailleurs ne peut pas être obtenue directement. Cette définition du rendement prête moins à ambiguïté : pour une transmission zéro ($K_T = 0$), on obtient $R = 100\%$ et pour une transmission totale ($K_T = 1$) on a $R = 0\%$.

• *Réponse :*

Concernant la méthode de mesure du rendement des ouvrages tels que les caissons de type B.Y.B.O.P, il est vrai que l'on ne peut considérer que le coefficient de transmission. Néanmoins, dans la bibliographie que nous avons consultée, certains travaux prenaient aussi en compte le coefficient de réflexion. C'est pourquoi, nous avons choisi également d'en tenir compte dans notre présentation. Il n'en reste pas moins vrai que la principale caractéristique qu'il faut déterminer est la transmission de ces structures puisque leur but est d'atténuer les houles transmises dans les ports.

Questions de M. Bélorgey à H. Bergmann.

First I want to say the importance of the work of H. Bergmann and his results. They bring much in the design of perforated breakwaters. My first question about the work presented is the following : you have analysed some structures with horizontal slits. You have studied a 2 D problem. What do you think of the comparison with a Jarlan caisson which presents circular holes and corresponds to a 3 D problem ?

My second question corresponds to the layout of the perforated walls in the M.C.S. Can you deduce from your results an optimisation of your system according to the layout of the walls ?

• *Réponse :*

a- Considering normal incidence of the incoming waves the influence of the shape of the structure openings on the hydraulic behaviour of a perforated vertical wall is expected to be negligible - as long as the number of single openings does not vary extensively (e.g. one large gap compared to 100 smaller gaps). For the latter case and for very low structure porosity (less than approx. 10%) the number of structure openings (for a constant porosity) and the

porosity distribution over the water depth might show a certain effect on the hydraulic performance of such wall.

A similar but more important parameter in terms of the flow resistance of the perforated wall is probably the wall thickness. But even this influence will be significant only, if the ratio of wall thickness to wave length t_B/L is large. In the case of the GWK tests ($0.002 < t_B/L < 0.007$) no further effect regarding to this parameter was observed.

b- Even the overall performance of the MCS tested is quite convincing, the system might be further optimised to certain wave conditions. On the other hand this could possibly reduce one of the benefits of Multi Chamber Systems: The non selectivity regarding to the frequency (and wave height) of the incoming waves.

The hydraulic model tests were not planned to perform an empirical optimisation of MCS in terms of their hydraulic performance. This would be far to costly because of the strong interactions between the different walls of such a system. The main aspect of the investigations were focussed on the mechanisms which are involved in the wave damping processes. Nevertheless some "design rules" can be given: Besides a decreasing porosity from the seaward to the landward wall of MCS the porosity of the seaward wall should be fairly high so that the incoming energy is able to transmit into the wave chambers instead of being reflected before any dissipation (e.g.) can take place. The overall length of the structure should exceed approx. 1/3 of the wave length (for a 3 Chamber System), whereas the variations in length of the different chambers in the system should not vary too much. With increasing length of the system and increasing number of walls (under consideration of the above mentioned design aspects) considered in the design, the wave reflection of incoming waves will be reduced, therefore the even more important aspect is a safe and economic design.

Question de J.M. Rousset à H. Bergmann.

Have you performed measurements of the time-lag between the forces (front wall, rear wall) using wave spectra ?

• **Réponse :**

We could have analysed the phase lag for wave spectra, but the assignment of the force maxima at each wall is much more difficult due to dispersion and re-reflections within the system. For the general understanding of how the front wall influences the phase lag between the forces on front and rear wall, the analysis of regular waves allows much clearer insight. It is expected that the results found for regular waves can be adapted for wave spectra as well. Moreover, the main problem regarding to wave spectra (for example in terms of estimation of the overall force acting on such structure) is the following question: Is the maximum force at the front wall induced by the same wave, which is generating a maximum load at the rear wall (probably not if the number of waves considered is large enough).

Question de M. Abdelkrim (DEA, Université de Caen) à H. Bergmann.

Quel est le système de mesures des forces utilisé?

• *Réponse :*

The resulting force acting on each wall was calculated by integration of resulting pressures (simultaneously measured by pressure transducers at approx. 10 -12 positions over the structure height) and by integration of resulting forces (simultaneously measured by strain gages which were applied on metal cylinders at the bearings of the horizontal hollow steel beams at approx. 10 -12 positions over the structure height).

Questions de H. Bergmann à J.M. Rousset.

What is in your opinion the main influencing mechanism on wave damping behaviour of one-chamber-Jarlan type breakwaters ? Is it

- energy dissipation (due to high velocities at front wall, etc...),
- due to superimposing of the partial reflections from front and back wall,
- mixture of the both mechanism ?

What is – under consideration of first question – the main additional benefit of a berm in terms of wave reflection ? Does it :

- enlarge the velocities above the berm which increases the flow resistance at the front wall (and influences the amplitude of the partial reflections from front and back wall), energy dissipation + phase shift ?
- provide an additional phase shift between the reflections from berm « head », front and back wall (because of the reduction of the optimal chamber width down to $\sim 0,15$ as shown in your figures ?

• *Réponse :*

a- In fact both mechanisms would be involved in the wave damping behaviour. In particular partial reflections from the perforated and the plain walls could be correctly predicted by numerical simulations. However to provide useful and efficient tools to designers, the energy dissipation phenomena have to be quantified by future experiments: jet velocity, viscous shear, etc.

b- According to our experiments on a composite perforated breakwater, a berm in front of the structure seems not to provide benefits in term of reflection, against the same structure without a berm. The main reason is that the local water depth is lower and leads to increase the reflection coefficient.

Questions de J.B. Kovarik à C. Gaudin.

Vous indiquez que les moments de flexion dans l'écran et les déplacements mesurés sur le modèle centrifugé sont conformes aux résultats théoriques. Quelles théories avez-vous utilisées pour ces comparaisons ? Quelles distinctions faites-vous sur le domaine d'emploi des méthodes à la rupture et des méthodes au coefficient de réaction ?

• *Réponse :*

Ces premiers résultats ont été comparés à un calcul à l'équilibre limite et à un calcul aux coefficients de réaction. Un seul essai ayant été effectué, il est trop tôt pour conclure. On peut cependant constater que dans le premier cas, le calcul a correctement prédit la hauteur d'excavation limite mais a prédit un moment maximum deux fois supérieur à celui observé.

Dans le second cas les moments et les déplacements issus du calcul sont du même ordre de grandeur que ceux observés lors de l'expérience, avec cependant certains ajustements sur les caractéristiques du sol (prise en compte notamment d'une certaine cohésion).

On distingue aujourd'hui trois familles de méthodes de dimensionnement des ouvrages de soutènement. Les méthodes dites classiques reposant sur la théorie des équilibres limites, les méthodes aux coefficients de réaction et la méthode des éléments finis qui s'applique à tous types d'ouvrages géotechniques. Ces trois méthodes ne s'opposent pas les unes aux autres, mais traduisent une progression de la modélisation du comportement de l'ouvrage (comportement à la rupture pour la première, comportement en service et interactions sol structure pour les deux autres. Ainsi, les méthodes classiques sont utilisées pour les ouvrages simples (telles les parois auto-stables) et servent souvent de méthode de prédimensionnement. Les méthodes aux coefficients de réaction, actuellement les plus utilisées par les bureaux d'études, sont utilisées pour les ouvrages plus complexes, comportant un ou plusieurs niveaux d'appuis. La méthode des éléments finis est utilisée, plus rarement, pour des ouvrages exceptionnels dont la complexité nécessite une modélisation plus poussée.

Dans le cadre de notre travail, les trois méthodes seront utilisées, mais l'objectif premier est l'amélioration et le calage de la méthode aux éléments finis.

Questions de M. Sanchez à C. Gaudin.

La paroi de soutènement ayant été mise en place dans le conteneur avant la constitution du massif de sable par pluviométrie, il me semble que celle-ci correspond à un modèle de paroi moulée. Pourriez-vous faire un commentaire à ce propos?

Quelles sont les possibilités de simuler un écoulement interstitiel dans les essais de géotechnique en centrifugeuse à l'heure actuelle ?

• **Réponse à la première question :**

Le mode de mise en place de la paroi ne permet pas de modéliser un prototype réel, puisque le sol est reconstitué par pluviométrie autour de la paroi initialement installée dans le conteneur. Cependant on peut penser que le comportement de l'ouvrage est proche d'une paroi moulée vis-à-vis de l'interaction sol structure puisqu'il n'y a pas eu refoulement du sol. On peut envisager à terme de battre la paroi dans le sol à 1 g ou en cours de rotation (comme cela est fait pour les pieux) afin de simuler un prototype de rideaux de palplanches, mais on perdrait alors l'information sur les déplacements du rideau et les difficultés techniques semblent importantes (intégrité des jauges de déformation, possibilité de flambement du rideau, calage de la position de la pelle du téléopérateur..).

• **Réponse à la deuxième question :**

A ma connaissance, aucune expérience simulant un écoulement interstitiel n'a été réalisée en centrifugeuse. Les difficultés sont d'ordre techniques mais aussi théoriques (loi de similitude pour les écoulements...).

Commentaires de H. Oumeraci à C. Gaudin.

La centrifugeuse est un outil idéal pour simuler les phénomènes d'écoulement en milieux poreux tout en respectant simultanément les lois de similitude de Froude et de Reynolds. Il conviendrait de réfléchir sur les possibilités d'utiliser cet outil pour les études d'effet d'échelle (recherche fondamentale). Une des applications majeures de la centrifugeuse est la

dynamique des sols de fondations (développement des pressions interstitielles et liquéfaction). Quelle est votre expérience dans ce domaine ? Un workshop sur les possibilités de tels outils géotechniques aura lieu en juin prochain à Delft (organisé par le professeur Frans Barends de Géodelft !). Peut être il serait intéressant pour l'orateur d'y participer.

Questions de M. Benoit à Ch. Chevalier.

Vous avez mentionné le fait que dans les essais présentés le déferlement ne se produisait pas avant ou au niveau du cylindre. Cependant, vu la configuration expérimentale (pente qui se poursuit après le cylindre), je suppose que le déferlement se produisait après le cylindre. Est-ce que vous avez pu mesurer et quantifier les effets induits indirectement par ce déferlement ? Je pense en particulier à un effet de courant de retour (undertow) et est-ce que ces effets « indirects » du déferlement pourraient être à l'origine de la nécessité d'introduire un coefficient C_0 dans la formule de Morison ?

Question de P. Larroudé à Ch. Chevalier.

Pour rebondir sur la question de M. Benoît (LNH), je voulais savoir si « l'undertow » (courant de retour), n'était pas plutôt entre la ligne de déferlement et la ligne de côte. Cela implique que le pipeline doit se trouver dans cette zone.

• **Réponse commune aux questions précédentes :**

Parmi les différents essais présentés dans cet article, le déferlement de la vague se produit toujours en aval du cylindre. Nous n'avons pas pu mesurer l'importance du courant de retour au cours de ces essais. Cependant, des mesures effectuées par ailleurs montrent effectivement que l'undertow est faible avant la ligne de déferlement et beaucoup plus important après celle-ci. L'étude de l'influence directe du déferlement sur les efforts exercés sur le cylindre en positionnant celui-ci dans la zone de surf constitue d'ailleurs une des perspectives envisagées à ce travail de recherche.

L'introduction du coefficient C_0 dans la formule de Morison se traduit par un effort orienté vers la côte pour notre gamme d'essais (coefficient C_0 positif pour les plus fortes houles) et semble donc sans rapport avec un éventuel courant de retour. La justification d'un tel paramètre est cependant encore mal appréhendée car plusieurs phénomènes différents entrent en jeu (validité de la formule de Morison pour les nombres de Keulegan-Carpenter intermédiaires, écoulement dissymétrique, méthode de détermination de la vitesse,...). Des essais complémentaires permettant de découpler ces différents points sont donc nécessaires pour apporter une réponse plus complète au problème de modélisation de l'effort en ligne.

Question de A. Temperville à Ch. Chevalier.

Votre étude concerne un tuyau placé parallèlement à la côte (donc la ligne de déferlement), pensez-vous que cela est réaliste ?

• **Réponse :**

Effectivement, dans la réalité, les émissaires sous-marins sont orientés perpendiculairement à la côte à l'approche du rivage. Cependant, l'incidence de la houle (et donc du déferlement) peut être différente. C'est notamment le cas de l'émissaire des eaux usées de la baie de

Casablanca, mis en place par Bouygues OffShore, qui peut être soumis pour certaines conditions à des houles déferlantes quasi normales sur la structure.