



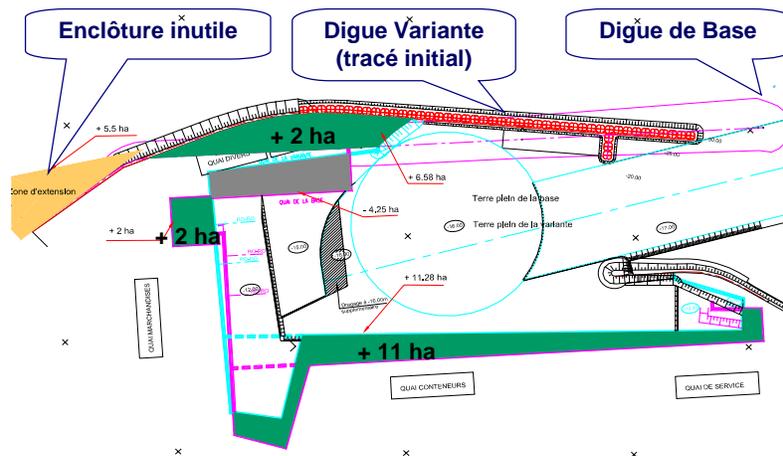
## II PLAN-MASSE

La solution de base consistait en une longue digue en tétrapodes atteignant des profondeurs importantes, avec notamment un musoir à -45 en blocs alourdis de 40m<sup>3</sup> posés selon une pente de 2/1.

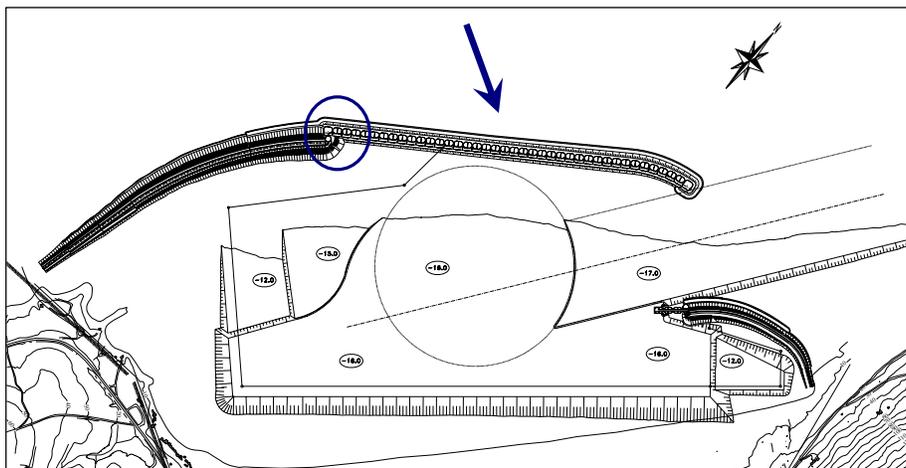
La variante finalement retenue se différencie d'une part par une combinaison de digues en Accropode™ jusqu'aux fonds de -20 m, et de caissons perforés au-delà, d'autre part par un plan-masse différent, rendu possible par la verticalité des caissons.

Ceux-ci peuvent en effet tangenter le chenal, et de ce fait mieux protéger le plan d'eau à longueur de digue égale, tout en permettant de gagner des terre-pleins sur la mer (environ 15 ha) sans atteindre des profondeurs excessives au musoir. Du fait de cet accroissement des surfaces, un projet ultérieur d'extension en mer devenait inutile à court terme, d'où la suppression de digues d'enclosure non négligeables car exposées et profondes.

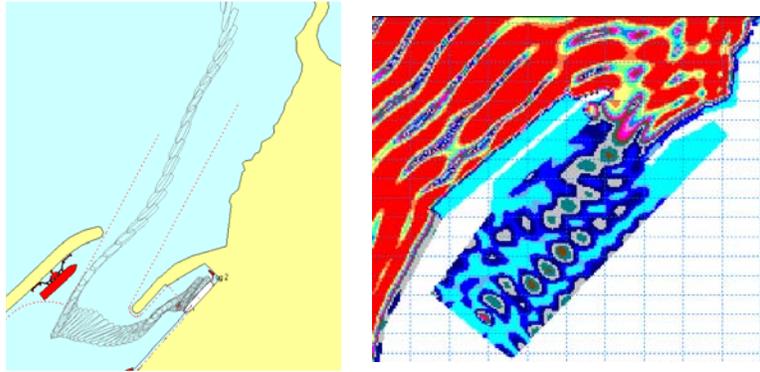
Ceci est illustré par la figure suivante, où l'on a superposé le tracé de la solution de base (trait fin) avec la solution retenue (le plan-masse final étant légèrement différent mais les conclusions restant identiques) :



Le plan-masse final est représenté ci-dessous. La digue principale est d'un peu plus de 2 km de long, la digue secondaire faisant 600m. Le cercle désigne la transition entre digue à talus et caissons (une connexion similaire existe aussi sur la digue secondaire au voisinage du musoir de celle-ci, fondé à -16). La flèche représente la direction limite des houles de dimensionnement en provenance de l'Atlantique (Hs ≈ 8 m, Tp = 18 s, les niveaux d'eau extrêmes variant entre 0 et +2.3 m CM) :



Ce plan-masse a été validé en matière de navigation (simulations effectuées par Sogreah devant une Commission Nautique) et d'agitation (modélisation numérique avec Mike21-EMS), comme illustré sur les figures suivantes.

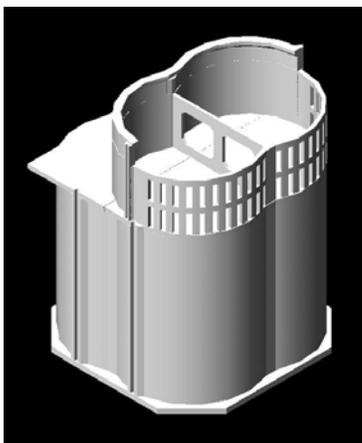


### III CONCEPTION DES DIGUES

La conception des digues à talus n'a pas posé de problème particulier : il a fallu optimiser les sections en fonction des critères de franchissement, de stabilité des carapaces et de butée de pied. Les connexions avec les caissons ont été conçues de manière à venir buter les talus sur une face de caisson, comme illustré sur la vue de modèle suivante, où un caisson monolobé a dû être réalisé pour fermer totalement la brèche :



La conception des caissons est partie des considérations suivantes : structures conçues pour être réalisées en coffrage glissant, recours à des parois perforées pour réduire les franchissements et les impacts de vagues, limitation des travaux en place à un niveau minimum pour éviter de travailler « dans les vagues ». D'où le caisson suivant, où l'on note un fût quadrilobé (de -20 à +4.5 m CM), une chambre perforée bilobée jusqu'à + 12 m CM, rehaussée d'un mur chasse-mer de 3 m ; les rayons des lobes sont de 9 m, et la largeur hors tout du caisson est de 28 m. L'ensemble est mis à l'eau à partir d'un ber, charpente métallique roulant sur des longrines inclinées et entraînant progressivement le caisson dans l'eau (dernière photo).

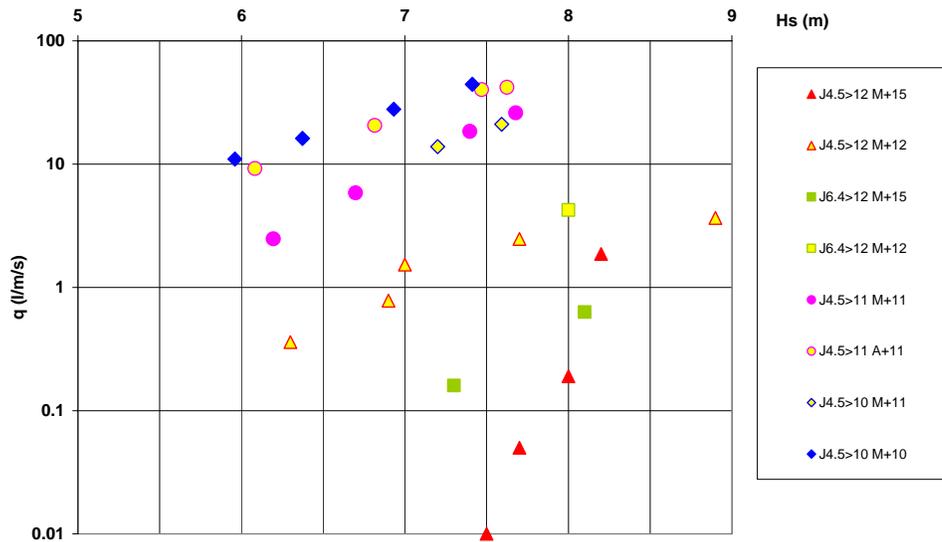


La stabilité a été justifiée d'une part au séisme (ref [1]), et d'autre part aux houles sur la base d'essais en canal (Océanide) où les efforts ont été mesurés, de même que les franchissements.

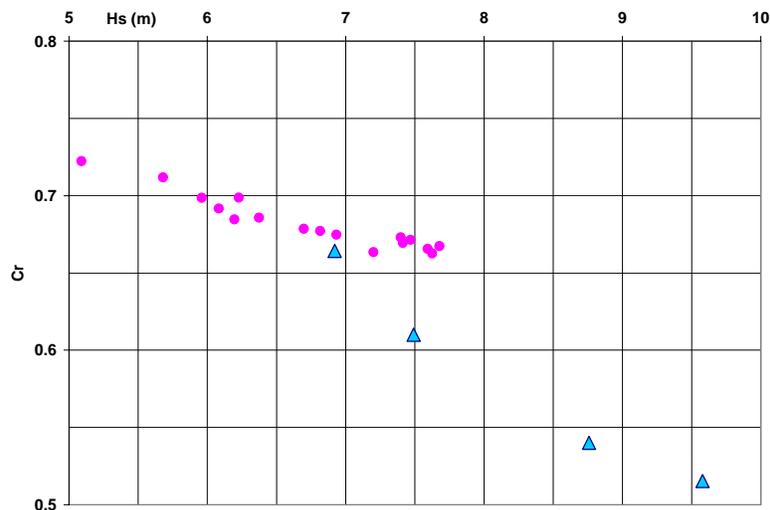
Le même concept de caisson a été adopté au nouveau port roulier de Tanger, réalisé par le même groupement pour TMSA, ce qui a permis de compléter les mesures de franchissement (Université du Havre), et d'aboutir à des résultats très cohérents entre eux, illustrés par la figure suivante (J4.5>12 M+12 signifie « jarlan à partir de +4.5 jusqu'à +12 », mur arrière déflecteur à +12).

On note bien entre autres:

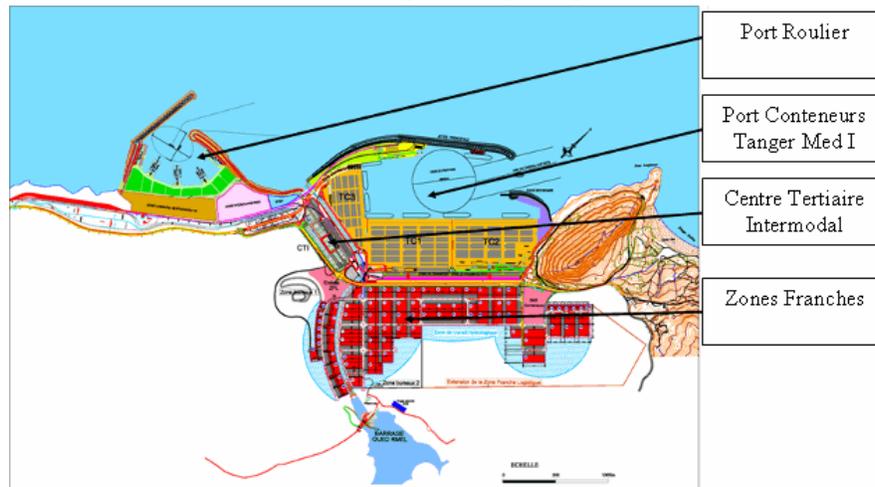
- l'influence bénéfique des perforations en comparant les J4.5 avec les J6.4 des 4 premières séries effectuées chez Oceanide, les suivantes étant celles effectuées au Havre)
- l'effet de profilage du mur chasse-mer, la série J4.5>11 A+11 ne différant de la J4.5>11 M+11 que par le non profilage du mur arrière
- l'effet de la cote d'arase toutes choses égales par ailleurs



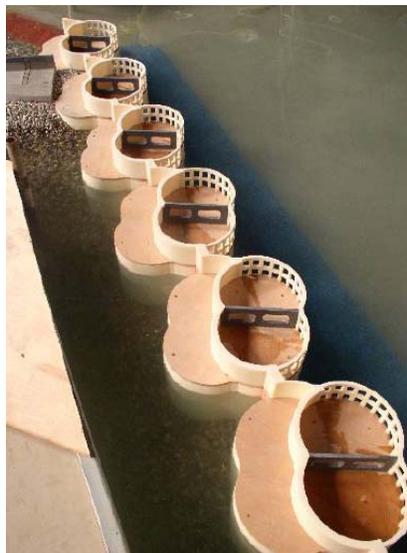
Les coefficients de réflexion ont été mesurés de manière systématique lors des études du nouveau port roulier (cf graphique suivant), les fortes vagues conduisant à des réflexions inférieures à 50% (mesures en houle irrégulière pour les points, en houle régulière pour les triangles) :



Il est à noter que ce concept a été reproduit sur le port roulier de Tanger, actuellement en construction à l'ouest du précédent, mais avec des caissons disposés en diagonale, du fait d'une orientation différente de la digue par rapport aux houles dominantes, comme représenté par le plan-masse ci-dessous (site TMSA) :



Des essais en 3D effectués par Sogreah (vue suivante) ont montré que cette disposition « en diamant » leur conservait une bonne efficacité anti-franchissements, y compris sous houles obliques.



#### IV CONCLUSIONS

Le principe du caisson a permis, par rapport à une solution entièrement en digues à talus, de mieux valoriser le plan d'eau et de proposer à coût inférieur d'avantage de terre-pleins, tout en minimisant l'impact sur l'environnement et en permettant une construction rapide, tant pour le port à conteneurs Tanger Med que pour le nouveau port roulier en construction.

De plus, le concept innovant de superstructure perforée présenté ci-dessus s'est révélé très performant vis-à-vis de la réduction des réflexions et des impacts, de la limitation des franchissements, et de la stabilité.

#### V REFERENCES

- [1] Demay, B., & Sargentoni, M.L. (2006) – Evaluation du risque de liquéfaction des sols sur le nouveau site du Port de Tanger. *Revue Française de Géotechnique n°116, 2006.*
- [2] Aristaghes, P., Blanchet, V. & Berthe, N (2004) – Digues en caissons perforés : du Front de Mer de Beyrouth au Nouveau Port de Tanger. *Journées Génie Côtier, Compiègne 2004*