

Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 42 (1983)

Artikel: Protection des ouvrages en mer contre le choc des bateaux
Autor: Lacroix, Roger
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-32440>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Protection des ouvrages en mer contre le choc des bateaux
Schutz von »Offshore«-Bauten gegen Schiffskollisionen
Protection of Offshore Structures against Ship Collisions

Roger LACROIX
Ingénieur Consultant
Ecole Polytechnique
Rungis, France



Roger Lacroix, né en 1928, est diplômé de l'Ecole Polytechnique, et Ingénieur des Ponts et Chaussées. Il est responsable du Département Construction à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Roger Lacroix est Président Honoraire de la Fédération Internationale de la Précontrainte, et Président de l'Association Française du Béton.

RÉSUMÉ

Les câbles élastiques constituent la seule solution envisageable pour protéger efficacement une structure offshore contre le choc de bateaux, dès que la profondeur d'eau dépasse quelques dizaines de mètres. L'article montre l'exemple d'une protection éloignée indépendante de la structure, pour l'arrêt des gros navires, et d'une protection rapprochée, pour les bateaux de faible et moyen tonnage.

ZUSAMMENFASSUNG

Um die Bauwerke im Meer gegen die Schiffsstöße zu schützen, gibt es nur eine Lösung, nämlich die aus elastischen Seilen besteht, sofern die Wassertiefe größer als einige zehn Meter ist. Der Artikel beschreibt einen entfernten, von dem Werke unabhängigen Schutz, für große Schiffe, und einen nahen Schutz, für kleine oder mittelgroße Schiffe.

SUMMARY

The only possible solution to protect efficiently an offshore structure against ship collisions consists of elastic cables if the water is deeper than some dozens of metres. The article gives an example of a distant protection, independant of the structure, for the protection against large tankers, and of a close protection, against small or middle ships.



1. INTRODUCTION

Qu'il s'agisse d'appuis de ponts, ou de plates-formes d'exploitation pétrolière, les ouvrages en mer sont de plus en plus nombreux aujourd'hui. Les piles des ouvrages de franchissement sont particulièrement vulnérables au choc des bateaux, et plusieurs accidents spectaculaires ont défrayé la chronique au cours des dernières années, provoquant, outre des dégâts matériels importants, la perte d'un nombre élevé de vies humaines.

La réalisation d'une protection efficace est extrêmement difficile : les masses des navires sont souvent énormes, très supérieures à celles des ouvrages qu'ils peuvent heurter, et il est donc tout à fait exclu de concevoir une structure susceptible de résister par elle-même à un choc de plein fouet.

2. PROTECTION ELOIGNEE

Lorsque la nature et le profil du fond le permettent, la meilleure protection consiste à disposer autour de l'ouvrage des massifs d'enrochements sur lesquels les navires peuvent s'échouer sans trop de dommages ; mais une telle solution ne convient que pour autant que la profondeur n'est pas trop grande, car, pour réserver un chenal de navigation de largeur suffisante, il faudrait envisager des travées de très grande longueur, en raison de l'encombrement des talus nécessaires à la stabilité des massifs. De plus, le coût d'extraction, d'approvisionnement et de mise en place des matériaux nécessaires à la constitution d'un massif croît sensiblement proportionnellement au cube de la profondeur, et devient prohibitif lorsque celle-ci dépasse quelques dizaines de mètres.

Or, pour certains grands franchissements étudiés aujourd'hui, tels que celui du Détroit de GIBRALTAR, par exemple, et pour proportion notable des plates-formes offshore, la hauteur d'eau à prendre en compte peut atteindre 200 m ou davantage. Des projets sont proposés pour des fonds dépassant largement ces valeurs, et il convenait donc de prévoir un dispositif permettant de s'affranchir, dans toute la mesure du possible, de la nécessité d'un appui au sol.

L'écran de protection Vitalis [1] répond à cette condition. Nous en rappellerons brièvement le principe, en laissant au lecteur le soin de se reporter à l'article cité en référence [2] pour de plus amples détails.

Il s'agit de câbles horizontaux maintenus à la surface de l'eau par un système de flotteurs, et tendus grâce à des lignes ancrées sur le fond.

Le principe de l'écran est d'offrir une résistance d'élasticité variable, susceptible d'annuler une énergie cinétique suffisante. Si $\vec{F}(s)$ est la résistance opposée au navire qui a parcouru la distance s à partir de son impact sur l'écran, l'arrêt a lieu lorsque s atteint une valeur x telle que

$$W = \int_0^x \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

W désignant l'énergie cinétique du navire après le choc sur l'écran.

La fonction $\vec{F}(s)$ dépend à la fois de la configuration géométrique de l'écran, des caractères mécaniques de ses éléments, de la position du point d'impact, et de la direction de l'impact.

Pour un écran et une énergie cinétique donnés, on peut, à l'aide d'un programme de calcul électronique simple, déterminer le lieu des points correspondant à l'arrêt du navire (fig. 1), et vérifier ainsi que la structure dispose d'une protection suffisante.

Les éléments concourant à l'élasticité du système sont au nombre de trois :

- 1 : l'élasticité propre des câbles principaux,
- 2 : le changement de configuration géométrique après le choc,
- 3 : l'élasticité des lignes d'ancrage.

Pour les câbles principaux, des cordages tressés en nylon présentent à la fois l'avantage d'être insensibles à la corrosion, et de présenter un allongement de rupture important. La fig. 2 donne un exemple de la courbe contrainte-allongement d'un tel câble ; l'on y voit que pour une contrainte de traction égale à la moitié de la résistance ultime, l'allongement atteint 25 %, d'où la possibilité d'emmagasiner une quantité importante d'énergie.

Les lignes d'ancrage, dont la forme est celle d'une chaînette, comportent une élasticité décroissant avec la tension, dont l'intensité peut, elle aussi, faire l'objet d'un réglage.

Ces lignes peuvent être constituées par des chaînes de type classique, analogues à celles qui sont utilisées, par exemple, pour les ancrages des plates-formes flottantes semi-submersibles de l'industrie pétrolière. Les ancrages au sol peuvent être réalisés par des pieux battus, ou éventuellement par des corps morts (ceux-ci ont fait l'objet d'une étude détaillée effectuée par l'Institut Français du Pétrole, et les Ateliers et Chantiers de Bretagne).

L'étude de détail de l'écran doit comporter une vérification de la stabilité des flotteurs principaux et secondaires, ainsi que de leur mode de construction et de mise en place [2].

Enfin, comme tout ouvrage à la mer, l'écran de protection devra faire l'objet d'inspections périodiques ; les câbles en nylon ne sont pas sujets à la corrosion, mais ils sont particulièrement sensibles à l'abrasion par frottement ; il conviendra donc de revêtir les parties coisines des flotteurs, qui peuvent venir au contact de pièces fixes sous l'action de la houle. L'entretien pourra consister dans le remplacement de certains composants, en cas d'usure anormale. Les flotteurs, s'ils sont construits en béton (et notamment en béton léger, suivant une formule mise au point par l'ARBEM [3]), ne nécessitent en principe aucun entretien particulier.

3. PROTECTION RAPPROCHEE

Pour les ouvrages des champs pétroliers en mer, et aussi, dans une moindre mesure, pour les piles de pont, il est nécessaire de prévoir l'accès de bateaux de faible ou moyen tonnage, utilisés pour l'avitaillement, ou pour certains travaux d'entretien. Dès que la mer est quelque peu agitée, et même pour une faible houle, il est nécessaire de prévoir un système de défense, permettant d'éviter un choc direct du bateau sur la structure.

Un tel choc, provenant d'un bateau de service, a d'ailleurs récemment provoqué un léger enfoncement de la partie supérieure d'une colonne de plate-forme offshore, sur une surface de l'ordre de 1,5 à 2 m². Ce désordre a pu être réparé en dégagant les armatures, et en reconstituant l'intégrité du béton fissuré, mais il constitue un avertissement sérieux, qui montre clairement la nécessité d'une protection.

Une solution classique consiste à disposer des défenses, qui absorbent l'énergie cinétique du bateau par distorsion de blocs de néoprène, compression ou extension de ressorts, ascension de masses, etc... Ces systèmes, qui sont d'usage courant pour les quais et appontements, peuvent être très efficaces, mais ils présentent deux inconvénients importants lorsqu'ils s'appliquent aux ouvrages offshore :

- Le premier concerne la pression exercée sur l'ouvrage, pression qui, bien qu'amoindrie par la défense élastique interposée, peut être excessive. En effet, afin d'accroître la stabilité des structures offshore, il importe de conférer un poids minimal aux parties les plus élevées, c'est-à-dire celles qui sont au-dessus du niveau de la mer en situation définitive. Les concepteurs de ces structures sont donc amenés à concevoir des colonnes ou piles

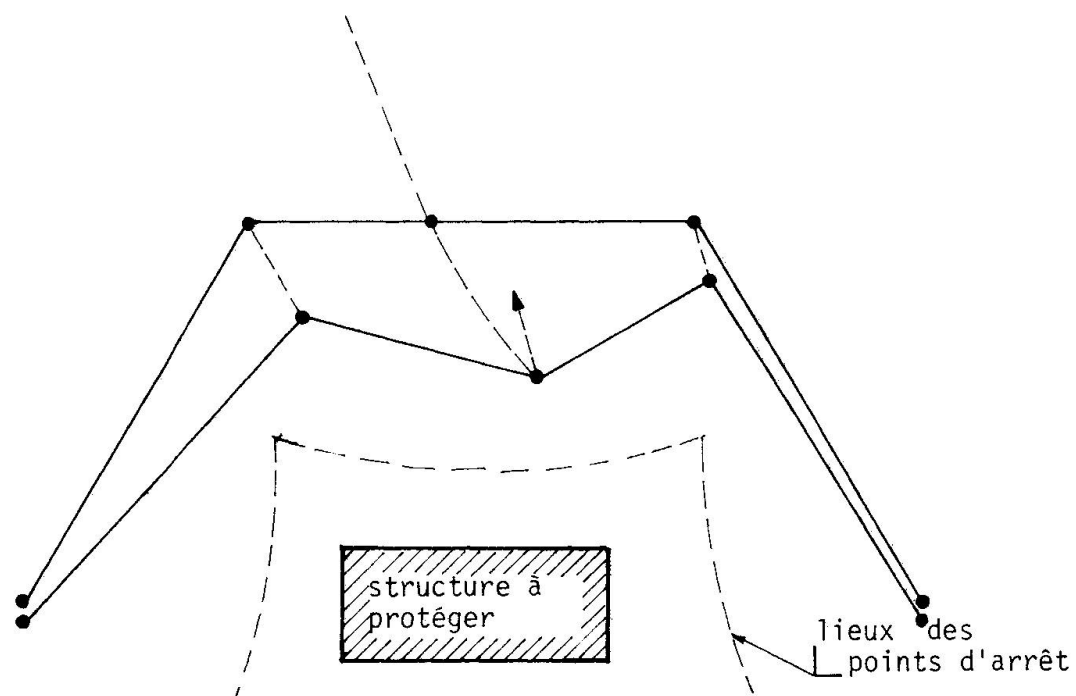


Fig. 1 - Déformation de l'écran

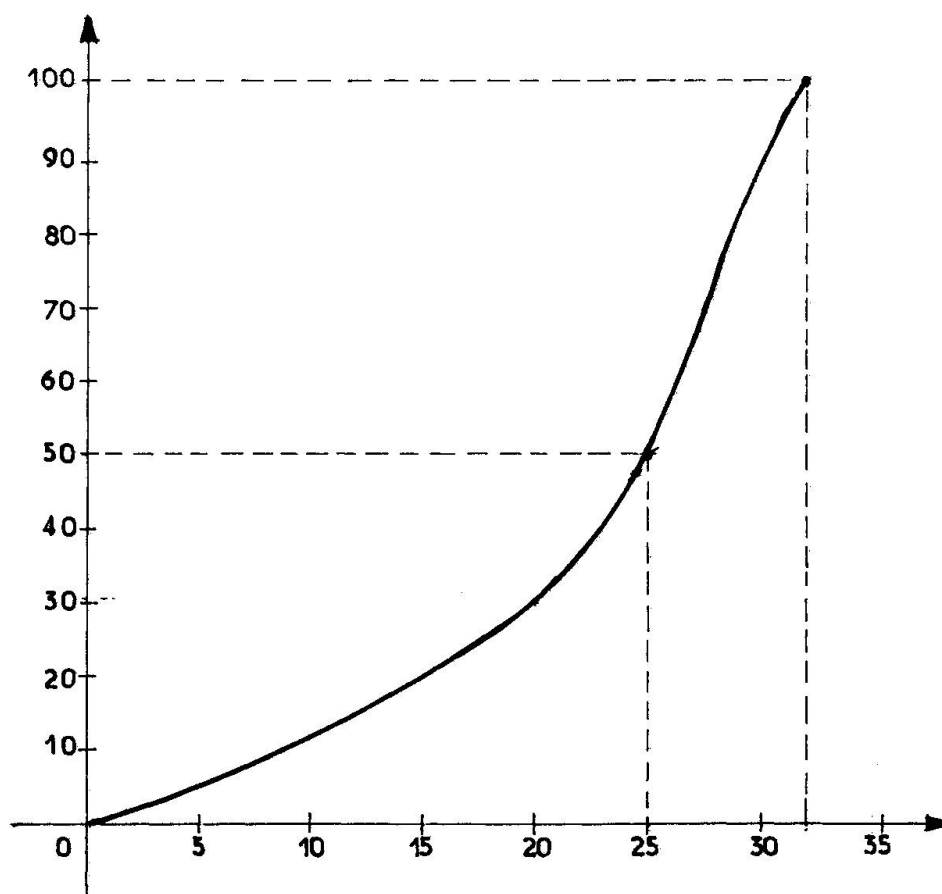


Fig. 2 - Courbe contrainte-déformation d'un cordage en nylon tressé

creuses, dont les parois sont d'épaisseur assez faible, de l'ordre de 40 à 50 cm, par exemple, pour un diamètre de l'ordre d'une dizaine de mètres. Or, si ferrillées soient-elles, de telles parois résistent fort mal à des forces localisées.

- Le deuxième inconvénient des défenses classiques réside dans leur encombrement : ces dispositifs, fixés sur les colonnes, augmentent la surface offerte aux vagues, et, comme c'est précisément au voisinage de la surface que les forces de houle sont les plus grandes, il en résulte un accroissement non négligeable des sollicitations correspondantes.

Le dispositif décrit ci-après, inventé par Monsieur Jean SOLOMOVICI [4] répond à ces objections.

Le système de base consiste en un câble horizontal entourant la colonne à protéger, et de forme polygonale en plan (fig. 3). Le câble est maintenu à chaque sommet du polygone par un support dans lequel il peut coulisser, et qui est lui-même fixé au sommet d'une charpente légère tubulaire, qui forme un tétraèdre ; le tétraèdre est appliqué sur la colonne par sa face opposée au sommet qui porte le câble.

Les tétraèdres sont articulés autour d'un axe horizontal qui passe par la base du triangle d'appui sur la colonne. Leur sommet le plus haut, situé également contre la colonne, porte également un support, dans lequel peut coulisser un câble de retenue, soumis à une tension permanente, de façon à appliquer les sommets des tétraèdres contre la colonne.

Lorsqu'une force d'impact horizontale est appliquée en un point quelconque du câble de protection inférieur, celui-ci s'allonge en coulisant dans ses supports, et il exerce sur les sommets inférieurs des deux tétraèdres les plus voisins des forces dirigées vers la colonne. Ces forces tendent à faire pivoter les tétraèdres autour de leur axe horizontal, et donc à décoller de la colonne les sommets supérieurs ; mais ce décollement ne peut se produire qu'au prix d'un allongement du câble de retenue supérieur, qui, lui aussi, peut coulisser dans ses supports.

L'allongement élastique nécessaire pour freiner le bateau sur la distance qui sépare le point d'impact sur le câble de la paroi extérieure de la structure, est donc fourni par l'allongement des deux câbles, sur une grande partie de leur longueur.

Les tétraèdres supports des câbles peuvent être, soit fixés à la colonne par les deux sommets de leur arête horizontale, soit plus simplement suspendus par des câbles verticaux, ce qui permet de les déposer aisément pour leur entretien, ou leur remplacement éventuel en cas d'incident.

A titre d'exemple, un dispositif de défense susceptible de protéger une colonne de 9 m de diamètre contre le choc d'un bateau de 2 500 t animé d'une vitesse de 1,5 m/sec pourrait être muni de câbles d'acier, d'une résistance ultime de 2 MN, capables d'un allongement ultime de 3 %.

Bien entendu, un tel système doit être protégé contre la corrosion, soit au prix d'un entretien périodique, soit, de façon plus simple, grâce à l'emploi d'acier inoxydable.

4. CONCLUSION

Contrairement à ce qu'on a pu affirmer, il est exclu de prévenir le choc des bateaux sur les structures en mer en éditant simplement une réglementation sur la navigation ; pour les piles de pont encadrant un chenal, notamment, un incident de gouvernail ou une négligence suffisent pour créer un risque très important d'accident. Il est donc indispensable de prévoir une protection.

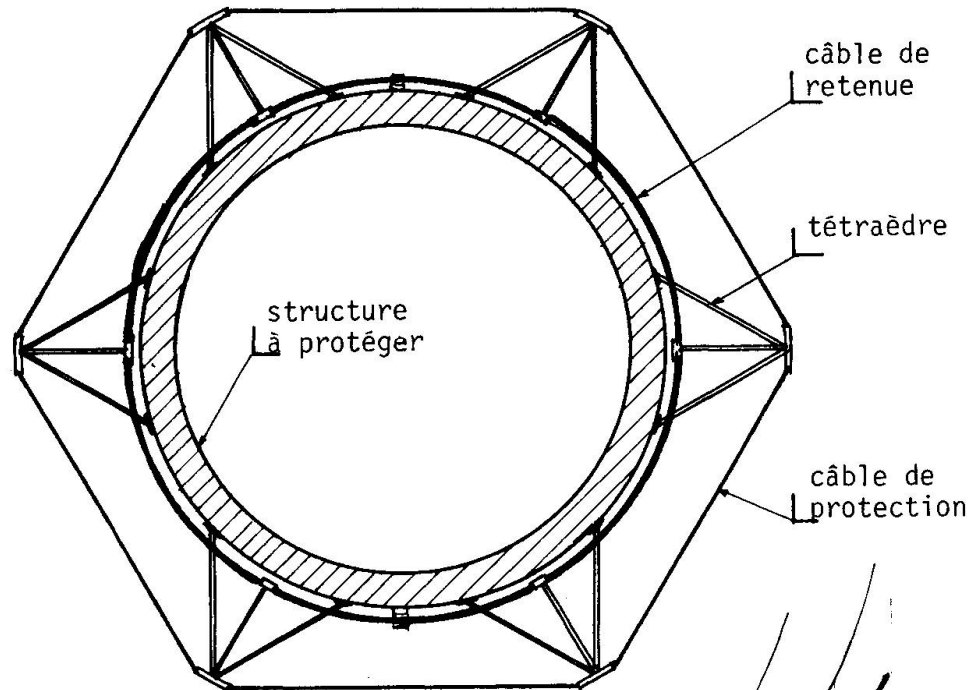


Fig. 3 - Dispositif de protection rapprochée - Vue en plan

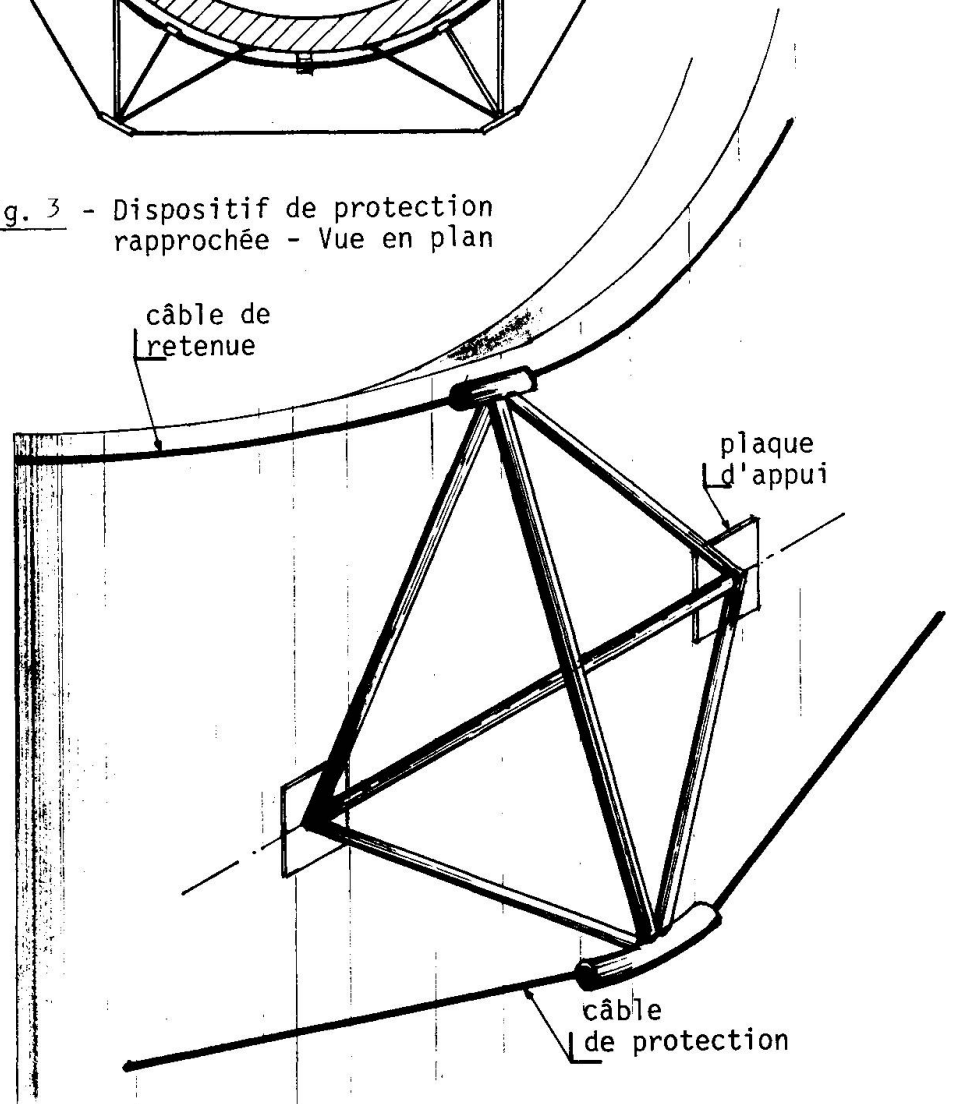


Fig. 4 - Détail d'un tétraèdre support

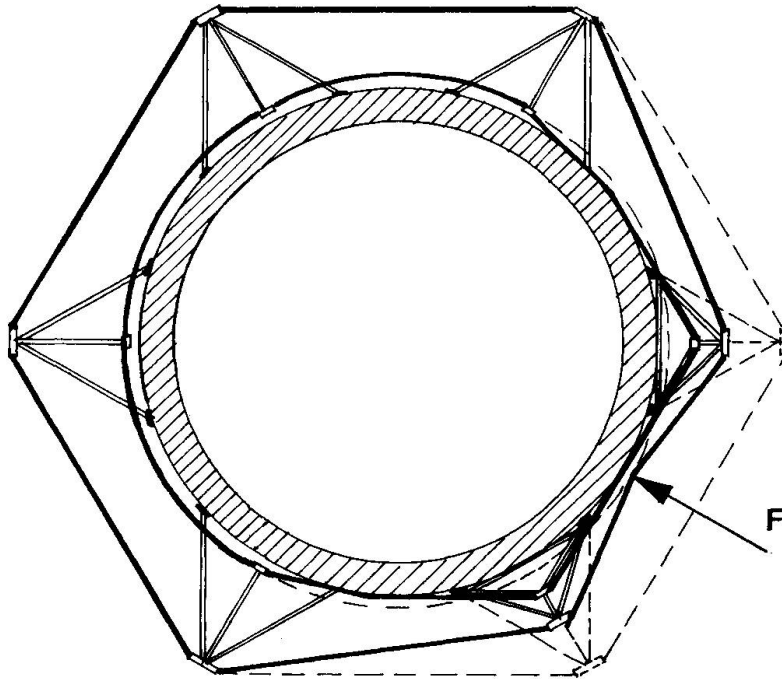


Fig. 5 - Configuration du dispositif de protection après le choc

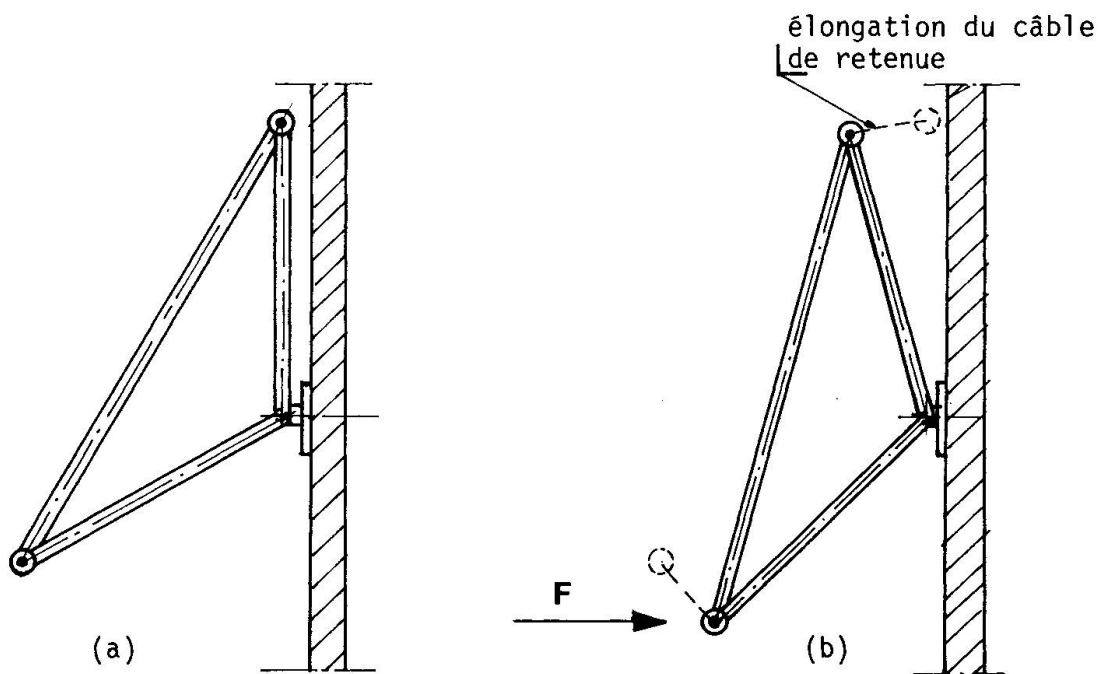


Fig. 6 - Coupe au droit d'un tétraèdre
(a) au repos (b) après choc

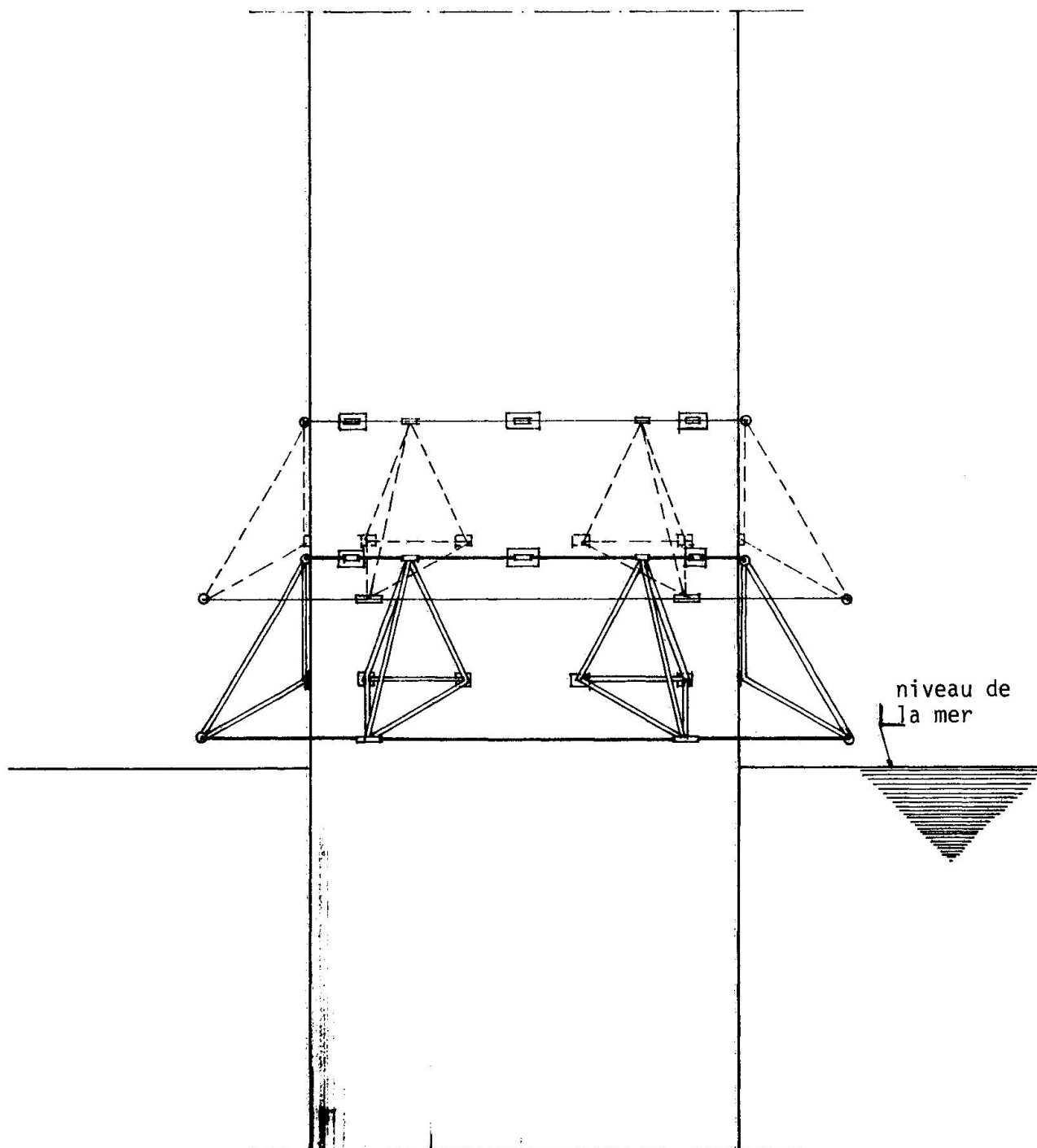


Fig. 7 - Vue en élévation d'une double rangée de câbles de protection



D'autre part, les lois de la Mécanique sont inéluctables : l'énergie cinétique d'un navire, augmentée de celle de la masse d'eau entraînée, ne peut être annulée, ou tout au moins réduite à une valeur assez faible pour être inoffensive, qu'au prix d'une longueur de freinage suffisante, si l'on veut limiter la force de retenue. Or, dès que la masse du navire croît, la force de retenue et la longueur de freinage deviennent très importantes ; pour obtenir une élasticité suffisante, il faut donc mobiliser une longueur importante de câble. Les dispositifs décrits plus haut, grâce à leur configuration, permettent ainsi de soustraire les structures aux chocs sans pour autant endommager les bateaux. D'autres configurations peuvent être imaginées ; mais de véritables progrès ne peuvent être obtenus que par une amélioration des matériaux ; compte-tenu du coût énorme d'un accident, en termes de réparation, ou de pertes d'exploitation, un effort de recherche s'impose, afin d'améliorer les caractéristiques des câbles nécessaires en toute hypothèse pour obtenir un freinage élastique convenable.

REFERENCES

1. Brevet Français n° 78 19 124 du 27 juin 1978
2. VITALIS A., LACROIX R., BONNEMAIRE B., "Ecran de Protection Anti-Collision" Proceedings of the International Symposium on offshore structures held at COPPE, RIO DE JANEIRO - Pentech Press LONDRES.
3. LESAGE J., MARTIN M., "Recherche d'amélioration des performances des bétons légers". 2ème colloque intern. sur la tenue des ouvrages en béton en mer CNEXO - BREST 1982.
4. Brevet Français n° 81 19 218 déposé le 13 octobre 1981.

Leere Seite
Blank page
Page vide