

ÉTUDES TECHNIQUE

Les cargaisons sèches ou solides en vrac

Risques associés

Rédacteurs :

> **Yannick Le Manac'h**, Inspecteur des Affaires maritime (en retraite)



Vraquier « Nord Neptune »
(Source : Marine Traffic)

Tous droits réservés. Ce document, protégé par le droit d'auteur, est la propriété de Vigipol. Il ne peut être utilisé ou reproduit sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit sans autorisation écrite préalable de Vigipol ni sans citer la source. © Vigipol - Octobre 2017

Un vraquier (*Bulk Carrier*) est un navire spécialisé dans le transport des cargaisons sèches ou solides en vrac. Entrent dans cette catégorie, les céréaliers, les minéraliers, les phosphatiers, etc. Ils assument environ 1/3 du transport maritime mondial. Les *Capsizes* (les plus gros) de 80.000 tonnes de port en lourd et plus, représentent 62 % des vraciers. A muraille simple ou à double muraille, ils répondent à des normes de construction, de sauvegarde et de contrôle spécifiques (SOLAS). En théorie, un vraquier doit notamment être capable de résister à l'envahissement d'une de ses cales à cargaison dans toutes les conditions de chargement et rester à flot dans un état d'équilibre satisfaisant. Malgré ces mesures de préventions, le transport des cargaisons solides en vrac comporte de sérieux risques en fonction de la nature et du comportement des produits : liquéfaction de la cargaison entraînant une perte de stabilité puis le chavirage et le naufrage du navire, feu ou explosion par réactions chimiques, dommages de structure en raison de mauvaises procédures de chargement. Ces navires sont méconnus du grand public. On en parle peu. Ils font pourtant l'objet de faits divers récurrents en terme, d'incidents, de naufrage et de perte de vies humaines.

Pour mieux comprendre, la présente note a pour objet d'appréhender les risques du transport des cargaisons sèches en vrac, au regard du Code IMSBC (*International maritime solid bulk cargoes Code*) et de quelques exemples concrets.

Le Code IMSBC classe les cargaisons solides en trois groupes.

GROUPE A

Cargaisons susceptibles de se liquéfier. Elles deviennent fluides ; elles se liquéfient. C'est un phénomène physique de « séparation dynamique ». Cela se produit lorsqu'une cargaison est compactée par le mouvement du navire. Les cargaisons qui sont sujettes à la liquéfaction contiennent une certaine quantité d'humidité et de petites particules, bien qu'elles puissent paraître relativement sèches et granulaires lorsqu'elles sont chargées. La liquéfaction entraîne une perte de stabilité du navire.

Pour contrôler les risques de liquéfaction, les cargaisons du groupe A sont testées afin de déterminer leur teneur en humidité réelle avant d'être chargées. Ce taux d'humidité doit être inférieur à la teneur maximale en humidité ou TML (*Transportable Moisture Limit*) considérée comme sûre pour le transport.

Le groupe A comprend notamment des concentrés minéraux tels que des minerais raffinés de cuivre, de fer, de plomb, de zinc, de nickel, etc, dont la taille des particules et la teneur en humidité varient. La liquéfaction de ces concentrés, par changement d'état ou entrée d'eau accidentelle, peut entraîner, le déplacement de la cargaison, une carène liquide impactant la stabilité, le chavirage, la perte brutale du navire et de vies humaines. Les cargaisons de concentré de nickel méritent une attention particulière. Plusieurs accidents de vraquiers chargés de nickel se sont produits ces dernières années en mer de Chine.

CONCENTRE DE NICKEL - Dans la nuit du 12 au 13 octobre 2017, naufrage au large du Japon, dans des conditions de mer difficiles, de « l'*Emerald Star* » - vraquier supramax de 57 300 tonnes de port en lourd – construit en 2010 – pavillon Hong Kong – armateur Dubaï Stellar Ocean Transport. Le navire transportait une cargaison de « minerai » de nickel (concentré véritablement) qui se serait liquéfié. Sur les 26 hommes que comptait l'équipage, seize ont pu être repêchés, 10 sont portés disparus. D'après le témoignage des survivants, « l'*Emerald Star* » a commencé à gîter sur bâbord, a chaviré puis sombré

BAUXITE - Le 2 janvier 2015, naufrage au large du Vietnam, dans des conditions de mer difficiles, du « *Bulk Jupiter* » – vraquier de 56000 tonnes de port en lourd – construit en 2006 – pavillon des Bahamas – armateur Norvégien – classe NK. Le navire, chargé en Malaisie, transportait une cargaison de minerai de bauxite qui se serait liquéfiée d'où une perte de stabilité entraînant le naufrage du navire. Sur les 19 hommes que comptait l'équipage un seul a été sauvé. Le minerai stocké à quai aurait été imbibé par les fortes pluies de mousson.

La perte du vraquier « *Bulk Jupiter* », qui transportait une cargaison de bauxite (roche latéritique blanche, principal minerai de production d'aluminium), a provoqué une vive émotion dans le monde maritime d'autant plus que le produit n'était pas classé jusqu'alors comme cargaison particulièrement dangereuse. Il apparaît depuis peu, sans doute du fait d'une modification de traitement du minerai, que certaines formes de bauxite présentant un pourcentage élevé de petites particules et une teneur en humidité excessive pouvaient se liquéfier. L'OMI met en garde les capitaines sur le comportement de ce type de cargaison, problème sur lequel se penchent plusieurs pays adhérents. Cette étude est étendue aux cargaisons de charbon.

Conjointement, la délégation française à l'OMI soutient un projet dit « Rhéolat 2 » relatif au transport en vrac des cargaisons solides qui peuvent se liquéfier. Cette étude menée par l'Université et les Mines de Nickel de Nouvelle Calédonie (INERIS) cherche à maîtriser les phénomènes de liquéfaction de minerai qui peuvent survenir dans des conditions spécifiques.

GROUPE B

Cargaisons susceptibles de présenter des risques chimiques. Dans le Code IMSBC, les marchandises du groupe B sont classées en deux catégories : les marchandises dangereuses à l'état solide en vrac désignées par le Code IMDG (*International Maritime Dangerous Good Code*) et les cargaisons solides uniquement en vrac MHB (*Materials hazardous only in bulk*) qui ne répondent pas aux critères des classes IMDG mais sont susceptibles de présenter des dangers chimiques autres. Les principaux risques associés à ces cargaisons sont l'incendie, l'explosion, la libération de gaz toxiques et la corrosion.

Figurent au groupe B :

- > les solides combustibles : matières facilement inflammables ou facilement inflammables,
- > les solides à combustion spontanée : matières auto-combustibles,
- > les solides qui se transforment en gaz inflammables au contact de l'eau ou d'humidité ambiante,
- > les solides qui dégagent des gaz toxiques au contact de l'eau ou d'humidité ambiante,
- > les solides toxiques : matières toxiques à extrêmement toxiques pour l'homme par inhalation ou contact avec la peau,
- > les solides corrosifs : matières corrosives pour la peau, les yeux, les voies respiratoires, les métaux.

Le charbon (bitumeux et anthracite) peut créer des atmosphères inflammables, chauffer spontanément, corroder les structures métalliques, produire du monoxyde de carbone ou du méthane. Du groupe B, une cargaison de charbon peut également être classée dans le groupe A, car susceptible de se liquéfier si elle est principalement fine (75 % de particules de moins de 5 mm). Selon sa granulométrie, le charbon peut relever du groupe A et B.

Le minerai de fer obtenu par réduction peut produire, au contact de l'eau et de l'air, de l'hydrogène et de la chaleur.

Les concentrés métalliques sulfurés peuvent, par oxydation, dégager des fumées toxiques, être auto-combustibles et corrosifs.

Les engrais à base de nitrate d'ammonium méritent une attention particulière ; peuvent les amener à détoner : une contamination par des produits combustibles ou incompatibles, le chauffage de l'engrais contaminé et le confinement des gaz émis, un impact violent par un projectile ou un contact avec une onde de choc suffisamment énergétique. La France interdit l'importation de nitrate d'ammonium en vrac, le produit doit être conditionné en *big bag* de 500 kilos.

Les produits du bois peuvent causer un appauvrissement en oxygène et augmenter la teneur d'oxyde de carbone dans les espaces de chargement et les espaces adjacents.

FERROSILICIUM - Le 8 septembre 2015, le JETTE-MARIT - vraquier de 160 mètres, battant pavillon Antigua-Barbuda, construit en Chine en 2008 - armateur allemand - en avarie de propulsion en Manche, rejoint en remorque le port de Brest pour être réparé. Le convoi était mouillé depuis 48 heures en baie de Douarnenez sur injonction du Préfet maritime, en raison de la nature de la cargaison : du ferro-alliage jugé potentiellement dangereux. Le chargement, d'une valeur de plus de 20 millions d'euros, correspond à 19.500 tonnes de ferrosilicium et de ferrochrome en tablettes utilisés dans la sidérurgie. Le FERROSILICIUM - appartient aux cargaisons du groupe B (Code IMSBC) : risques chimiques en contact avec l'humidité ou l'eau - dégage par réaction chimique avec l'humidité, de l'hydrogène (explosif) et des gaz d'arsine et de phosphine dangereux à mortel. Le 08.09.2015, après quatre jours au mouillage en baie de Douarnenez, le JETTE MARIT rentre au port de Brest pour être réparé au chantier DAMEN. Le 09.09.2015, en raison de taux croissants d'émanations de phosphine et d'arsine, les ouvriers du chantier DAMEN refusent de monter à bord. La capitainerie décide par principe de précaution de renvoyer le navire sur rade. Le 11.09.2015, la qualité de l'air étant jugée acceptable, le JETTE-MARIT accoste à nouveau au quai QR4 pour réparations. Le navire sera soumis à des contrôles d'atmosphère toutes les huit heures. À défaut de pouvoir débarquer la cargaison, la totalité des travaux ne pourra être réalisée. Le 14 octobre, le navire rejoint un mouillage en baie de Douarnenez dans l'attente de la levée d'immobilisation par les inspecteurs du CSN de Brest; elle est prononcée le lendemain après 30 jours de détention. Le JETTE-MARIT est alors autorisé à rejoindre la Nouvelle Orléans.

NITRATE D'AMMONIUM - Le 4 octobre 1999, le Junior M, cargo égyptien transportant, 6 900 tonnes de nitrate d'ammonium en vrac, signale au Cross Corsen une entrée d'eau dans une de ses trois cales. Une mission d'expertise à bord constate que les pompes du navire ne sont pas en mesure d'évacuer l'eau dans la cale inondée et dans plusieurs ballasts. Le Junior M est dérouté vers Brest par la Préfecture maritime, situation délicate dans la mesure où la ville de Brest a fait en 1947 la douloureuse expérience de l'incendie et de l'explosion en rade d'un liberty-ship qui transportait 3000 tonnes de ce produit (21 morts, des centaines de blessés, plus de 4 000 maisons sinistrées). Le dispositif d'accueil du Junior M se construit autour d'un périmètre de sécurité, avec prévision de noyer les cales du navire en cas de début d'incendie. L'armateur se montrant incapable de donner suite aux différentes mises en demeure de la Direction Départementale de l'Équipement, le cargo reste à quai sous le contrôle permanent des pompiers. L'entrée d'eau dans sa cale avant ne pouvant être colmatée, une cinquantaine de mètres cubes d'eau, dissolvant un peu plus le nitrate d'ammonium restant, est pompée quotidiennement. Après analyse du risque environnemental et en l'absence de solution de traitement à terre, il est décidé de déverser la solution au large, par lot de 400 m³ (120 tonnes de matière). Quelque 700 tonnes de nitrate d'ammonium en solution sont ainsi déversées en 6 opérations, au cours du mois de novembre. Après diverses consultations, le restant de la cargaison finit par être vendu et évacué début 2000 par voie ferrée, le déchargement se faisant aux frais de l'État. Le navire, abandonné, reste à quai au port de Brest.
Source : Cedre Brest

GROUPE C

Cargaisons qui ne sont pas susceptibles de se liquéfier (groupe A) et qui ne présentent pas de risques chimiques (groupe B). Bien que les cargaisons de ce groupe ne présentent pas les dangers associés aux cargaisons des groupes A et B elles peuvent néanmoins comporter des risques. Il s'agit généralement, de cargaisons à haute densité dont le poids doit être uniformément réparti ce qui implique un contrôle des séquences de chargement et des opérations de ballastage appropriées, ou de cargaisons dont la dangerosité n'a pas encore été démontrée.

FERROCHROME - le Ferrochrome qui composait une partie de la cargaison du JETTE-MARIT appartient aux cargaisons du groupe C. Contrairement au Ferrosilicium, les propriétés physiques et chimiques de ce produit, outre les conditions de chargement, ne requièrent pas de conditions de surveillance particulières.

Autres dangers associés au transport des cargaisons solides ou sèches en vrac

Il s'agit de « risques collatéraux ». Le danger n'est pas directement lié aux propriétés physiques et chimiques des cargaisons mais au traitement des cales ou du produit avant chargement.

Recours aux pesticides – La fumigation¹ (*). La phosphine et le bromure de méthyle sont fréquemment utilisés, avant chargement des cargaisons de céréales, pour la fumigation des cales et des soutes dans le but d'éradiquer toute forme de nuisibles. Ils sont toxiques, à mortels pour les humains par accumulation potentielle de gaz dans les espaces adjacents aux cales à cargaison et dans les espaces habitables. Ils représentent un risque d'incendie et d'explosion. Ces pesticides ne doivent être utilisés que par des spécialistes et non par l'équipage du navire.

La Phosphine (PH₃) (ou Phosphane, nom officiel International) est un gaz d'hydruure de phosphore aussi dénommé phosphure d'hydrogène, toxique à mortellement toxique, hautement écotoxique, et phytotoxique. Toute fumigation des soutes doit être conforme à la circulaire de l'OMI, MSC.1 /

¹ La fumigation est une opération technique qui consiste à pulvériser un gaz dans une enceinte close (baril, cale, caisses, container) dans le but d'y détruire des nuisibles – souvent des organismes vivants (insectes, acariens, rongeurs, etc.) – le gaz le plus couramment utilisé étant la phosphine. Cette technique est par exemple obligatoire dans le cadre d'exportation internationale pour limiter les contaminations bactériologiques ou l'introduction d'espèces d'animaux ou d'insectes d'un continent à l'autre. Les seuls gaz autorisés par la FAO sont le phosphore d'hydrogène ou phosphine (PH₃) et le bromure de méthyle (CH₃ Br). La phosphine est un gaz très dangereux pour l'homme. Comme le rapporte un article du Monde, en 2010, aux Pays Bas, deux ouvriers portuaires ont été grièvement intoxiqués, avec notamment un coma de 5 jours pour l'un des deux hommes, en déchargeant un container en provenance de Chine. Celui-ci contenait une forte concentration de gaz toxique.

Circ.1264 sur les recommandations concernant l'utilisation sûre des pesticides à bord des navires. En France, la phosphine est interdite y compris dans l'agriculture (si ce n'est sur autorisation, pour tuer les taupes).

Le 15 décembre 2016, « l'Ornak » – vraquier de 229 mètres, battant pavillon des Bahamas, propriété d'un armement polonais – accoste à Brest chargé de 26.000 tonnes de maïs qu'il avait embarquées au port de Constanta, en Roumanie. Une fumigation, pour détruire toute forme de nuisibles, a été effectuée dans le chargement par dissémination de capsules de phosphine dans les sept cales. La Phosphine est toxique à mortellement toxique. Le 16 décembre, lors du déchargement, un taux de phosphine supérieur à la normale est détecté dans deux de ses cales qu'il faut ventiler longuement avant de poursuivre les opérations. Le contenu du bateau est momentanément bloqué. En définitive, les 26.000 tonnes seront stockées, sous haute surveillance d'experts, dans des silos sur le port de Brest. Le bateau a appareillé le 20 décembre. Qu'en est-il des employés chargés de la manutention ? Selon la préfecture, "Des gens ont pu être exposés à la phosphine, mais certainement à faible dose car au début du déchargement les employés ne descendent pas dans les cales."

En 2008, deux membres d'équipage d'un navire roumain, le "Susie", ont été victimes d'une intoxication à la phosphine suite à une fuite sur une gaine de ventilation. L'un d'entre eux est décédé après avoir été secouru en mer au large de la Bretagne.

Recours aux procédés de transformation en usine. Le recours à l'Hexane ou Dipropil (hydrocarbure instable) est habituellement utilisé pour la préparation des tourteaux destinés à la consommation animale. Il permet, en usine, une séparation des matières sèches et huileuses. L'élimination de la part résiduelle d'hexane contenue dans le tourteau nécessite une parfaite aération du produit avant chargement. Le système de ventilation des cales du navire doit être en parfait état de fonctionnement.

Le 21.08.2000, au large de Penmarc'h, le général cargo « PALATIAL » – battant pavillon du Panama - chargé de 2000 tonnes de tourteau de soja - est victime d'une très forte explosion au niveau de sa cale de chargement (panneaux de cales volatilisés, hiloires déformées ou cassées, passerelle endommagée), l'équipage présent au complet dans les aménagements est choqué mais indemne. Le navire est ramené à Brest. Il ressort de cet incident que le tourteau venant d'être chargé à Rotterdam contenait une concentration significative de vapeurs d'Hexane ou Dipropil (hydrocarbure instable) habituellement utilisé pour séparer la matière sèche du soja (tourteau). Le système de ventilation du navire, mal entretenu, était inopérant... L'origine de l'explosion n'a pu être formellement établie (défaut électrique, un orage sévissait sur zone...)

Autres

Recours à des procédés destinés à maintenir les propriétés physiques d'une cargaison (exemple : soufre liquide) - défaillance d'un circuit caloporteur. Ce cas d'espèce ne concerne pas à proprement parler une cargaison solide en vrac. Il met cependant en exergue un « dégât collatéral » dont les conséquences sur l'équipage auraient pu être dramatiques si le navire s'était trouvé en mer.

Le 29.11.2001, le chimiquier « BEARN » – pavillon français - navire citerne spécialisé dans le transport de soufre liquéfié, est accosté au port de Brest, lorsque, dans le compartiment machine, la caisse « tampon » du circuit d'huile caloporteuse (7 000 litres) crève, s'ensuit un important dégagement d'H₂S ; les mécaniciens présents sont immédiatement évacués du compartiment dont un grièvement atteint, ainsi que l'ensemble des personnes présentes à bord. Il s'avérera que du soufre a lentement migré, de la citerne de cargaison vers le circuit caloporteur maintenu à la température de 123°, par un défaut d'étanchéité des pompes de cargaison difficilement décelable, pour se transformer en H₂S et polluer peu à peu le circuit caloporteur...

