

Transport maritime de gaz liquéfié et génie maritime français

Gilbert Fournier

De l'Académie de Marine¹

Le développement du transport de gaz liquéfié, quelle que soit la technique utilisée est une aventure française, bien plus encore que beaucoup ne le croient. À l'origine René Boudet², un entrepreneur visionnaire, fondateur en 1957 de l'armement Gazocéan, société de transport de gaz par voie maritime. Les premiers navires qu'il commande sont des butaniers et propaniers, dotés de cuves cylindriques épaisses pour résister à la pression du gaz à température ambiante (la pression du butane à température ambiante est inférieure à quatre bars, alors que celle du propane peut atteindre une quinzaine de bars). Pour développer ses activités, René Boudet embauche deux ingénieurs du génie maritime Gilbert Massac et Jean Alleaume, permettant à Gazocéan de se doter d'une filiale Technigaz pour développer les techniques de transport cryogénique du gaz.

Une visite de Jean Alleaume aux Ateliers et chantiers du Havre (ACH) sera l'occasion de la commande d'un premier navire butanier-propanier, dans des conditions incroyables qui aujourd'hui sembleraient totalement impossibles à financer. Aux ACH, nous n'avions aucune expérience de ces navires, et donc aucun élément pour en établir le prix. Jean Alleaume déclare alors : un navire de cette taille vaut tant. Et c'est sur la base de la seule confiance réciproque et de la seule parole des deux interlocuteurs que le contrat a été conclu.

Les cuves épaisses de la technique alors en vigueur sont lourdes, limitant la capacité de transport des navires ; pour pallier cet inconvénient. L'équipe Alleaume-Massac imagine alors de transporter le gaz dans des cuves à parois plus minces, mais isolées, le gaz étant liquéfié à terre. Le réchauffement inévitable pendant la traversée entraîne une légère ébullition, le *boil-off* : dans les premiers temps, le gaz ainsi émis est

¹ Propos recueillis par Eudes Riblier. NDR

² Voir l'article « In Memoriam René Boudet » dans la Revue Maritime n° 482 de juillet 2008 par Jacques Boudet.

libéré dans l'atmosphère³.

Les opérations de pompage (chargement et déchargement des cuves s'effectuent avec des pompes situées dans un local étanche sous pression, son air « pur » étant aspiré par un tuyau venant du sommet de la mâture. Cependant un risque persiste pendant ces opérations dans les pays chauds. Il est alors imaginé d'équiper les nouveaux navires d'un nouveau type de pompes entraînées par des moteurs qui sont dimensionnés spécialement pour éviter tout échauffement dangereux, même bloqués. Elles sont alors installées à même le pont et la sécurité maximale est ainsi atteinte.

L'intérêt pour le transport maritime de méthane se développe au niveau mondial

L'équipe de Gazocéan décide de se lancer dans cette nouvelle activité avec Technigaz. En raison de l'estime et du climat de confiance qui s'est établie entre Technigaz et ACH, Gazocéan passe commande aux ACH du navire méthanier-éthylénier « expérimental » de 600 m³ *Pythagore*⁴ pour tester le concept des cuves cryogéniques. Il s'agit avec ce navire de mettre au point les cuves intégrées les moins lourdes tout en vérifiant un certain nombre de dispositifs qui seront ensuite mises en œuvre sur le *Jules Verne*, navire méthanier, qui est construit au chantier du Trait pour Gaz de France, sous le contrôle de Technigaz.

Quelle est la principale difficulté ? Le méthane se transporte liquide à -162° (température de liquéfaction à la pression atmosphérique au niveau de la mer). Les aciers étant fragiles à ces températures, il faut impérativement créer des barrières isolant physiquement et thermiquement la cargaison de la coque, réalisées dans un matériau capable de supporter cette température et les contraintes thermiques correspondantes sans rupture.

Trois techniques de transport

La solution retenue par Technigaz consiste en une isolation à base de balsa et une peau interne en acier inox d'un millimètre à un millimètre et demi d'épaisseur, présentant des plis dans les deux sens pour absorber toutes les dilatations et contractions.

Parallèlement, Gaz de France travaille avec Gaz-Transport, dirigée par Audi Gilles, sur une formule basée sur l'emploi d'invar, alliage de fer⁵ à très faible coefficient de dilatation, permettant, sous réserve d'épaisseurs très faibles, de ne placer des plis de dilatation que dans un sens. L'isolation est faite de perlite ensachée. Comme la solution Technigaz, la solution Gaztransport aboutira à des brevets mondialement exploités.

Une autre technique développée industriellement consiste en des cuves sphériques, occupant moins bien le volume dans la coque, mais montant beaucoup plus haut au dessus du pont, grâce à une caractéristique particulièrement importante en architecture navale : la position du centre de la carène liquide d'une cuve sphérique reste fixe au centre

³ Plus tard, ce gaz sera réutilisé pour fournir de l'énergie au navire.

⁴ Voir l'article de Jean Alleaume dans la Revue Maritime n° 219 de mars 1965.

⁵ Fer (64 %) et nickel (36 %) avec une tolérance maximale de 0,1 % de manganèse et de 0,4 % de carbone.

de la sphère quel que soit son remplissage. Une étude de ce type de navire est confiée par Technigaz aux ACH. Elle aboutira à la construction au Havre du premier navire à cuves sphériques : *l'Euclide*. Quatre ans plus tard, en Norvège, la société Moss-Rosenberg, séduite par la solution Euclide, qu'elle connaissait grâce à une proposition que nous avons nous même adressée à un armateur norvégien, construisait ses premiers navires à cuves sphériques, redoutables concurrents des techniques Gaztransport et Technigaz .

Il faut cependant préciser qu'il ne s'agissait pas d'une simple copie de la solution française, car deux importantes différences existaient entre les sphères françaises et norvégiennes. Les premières étaient en acier très mince à 9 % de nickel (soit comparativement beaucoup moins que l'épaisseur d'une coquille d'œuf !) soutenues par des pylônes et les secondes en aluminium beaucoup plus épaisses soutenues par une ceinture elle-même en aluminium ce qui simplifiait la construction et diminuaient les risques de flambage.

La technique du *Jules Verne* avec des cuves autoporteuses – comme les cuves sphériques - mais de forme cylindrique avec un fond conique supporté par un cône en bois isolant et calé latéralement tangentiellement pour permettre les dilatations. bien que techniquement valable est restée unique,

ACH, laboratoire de Technigaz

La collaboration étroite entre les équipes de Technigaz et celles des ACH - entre Jean Alleaume, Gilbert Massac et moi-même tout spécialement - va durer pendant de nombreuses années de recherches, de découvertes, de mises au point techniques. Cette collaboration va conduire à installer le laboratoire d'essais de Technigaz aux ACH. Ainsi, c'est aux ACH que la machine permettant de réaliser industriellement le gaufrage des tôles inox est imaginée, mise au point, puis brevetée par Jean Alleaume et moi-même. À titre anecdotique, pendant la période initiale de la définition technique, les horaires de travail de notre équipe étaient tellement impossibles que nous choissions pour dîner la brasserie Paillette au Havre ; cela nous permettait de continuer à échanger nos idées en dessinant sur les nappes en papier. Pour assurer la sécurité des méthaniers Technigaz à fait réaliser aux ACH pendant la construction des essais de fatigue, pour simuler le vieillissement des structures sur 3, 6 et 10 ans de durée de vie, avec des cycles très exigeants de contraction et dilatation à très basse température.

Lors de la construction du premier navire, le *Pythagore*, tout était inconnu. Par exemple, nous avons été stupéfaits de la brutalité des ruptures occasionnées par le moindre contact de l'acier avec une très faible quantité de gaz liquide transporté. L'usage de gattes de protection en inox a du être généralisé. Les pompes immergées construites selon toute les règles de l'art se sont immédiatement bloquées à - 180°. Au remplissage, l'air humide de la cuve initialement à une température supérieure à 0° fabriquait des cristaux de glace abrasifs ce qui nous a montré l'absolue nécessité d'une totale élimination de l'humidité des cuves avant remplissage et de repenser entièrement la conception du système de pompage.

Nos travaux, suivis de près par le Bureau Veritas, ont permis à tous les constructeurs d'éviter les obstacles initiaux que nous avons dû surmonter.

Des réalisations vitales pour les chantiers français

C'est aux ACH que fut réalisée également une cuve prototype pour déterminer les temps nécessaires à la réalisation de grandes cuves pour permettre aux chantiers français intéressés de soumissionner pour les appels d'offre. Leur taille étant trop importante pour les ACH, c'est à Saint Nazaire et à La Ciotat qu'ont été construits sur ces bases les premiers grands méthaniers, Dunkerque construisant sur la technique Gaz-Transport. Pour les uns comme pour les autres, ces contrats furent bénéfiques, leur donnant pour quelques années un répit financier bienvenu.

On peut souligner que le développement de ce nouveau moyen de transport, d'une importance capitale à l'échelle mondiale, est dû à une petite équipe d'hommes qui ont travaillé sans interruption pendant plusieurs années. La mise en commun de leurs qualités et la confiance qui s'est établie entre eux a permis une aventure humaine, scientifique, technique et économique exceptionnelle, dans laquelle la France a tenu le tout premier rôle.

Cuves de cargaison du Pythagore

Les cuves de cargaison sont du type « intégrées à la coque » ; c'est-à-dire que leurs parois jouent le rôle d'une simple membrane d'étanchéité, mince et souple, interposée entre l'isolant sur lequel elle s'appuie et le liquide de cargaison proprement dit.

Ces cuves sont doublées sur toutes leurs faces d'une cuve de sécurité, dite « barrière secondaire », dont les parois sont parallèles aux leurs ; cette barrière secondaire servirait de cuve de rétention en cas de fuite apparaissant dans la cuve principale, empêchant ainsi une mise en froid dangereuse de la coque du navire.

... en partant de l'intérieur pour aller vers l'extérieur, c'est-à-dire vers la double coque intérieure (ou le plafond de ballast ou le pont) on rencontre ainsi successivement :

- La cuve de cargaison proprement dite, dite aussi barrière primaire, constituée d'un assemblage de tôles gaufrées de 1 millimètre d'épaisseur, en acier inoxydable à 18 % de chrome, 10 % de nickel et à très basse teneur en carbone, soudées entre elles à recouvrement.

- Une première couche d'isolation, constituée d'un assemblage jointif de panneaux isolants constitués chacun d'un bloc de klegecell de 150 millimètres d'épaisseur collé entre deux planches de contreplaqué marine. Ce sont sur ces panneaux, que sont appuyées et fixées par crampons soudés, les tôles de la barrière primaire.

- La barrière de sécurité » ou « barrière secondaire » constituée comme la barrière primaire d'un assemblage soudé à recouvrement de tôles gaufrées en acier inoxydable de 1 millimètre d'épaisseur. Cette disposition à double-cuves gigognes a été choisie car elle conférerait à cet ensemble une sécurité de fonctionnement particulièrement élevée attrayante pour une première réalisation. Elle donnait, en outre l'occasion d'effectuer une intéressante et efficace répétition à l'échelle grandeur avant d'entreprendre le montage et la soudure des tôles de la cuve primaire.

Une deuxième couche isolante, constituée de blocs de klegecell de 100 millimètres d'épaisseur fixés à la coque, servant d'appui à la barrière secondaire.

(Extrait de l'article de Jean Alleaume alors directeur général adjoint de la Société Technigaz paru dans la Revue Maritime n° 219 de mars 1965)