

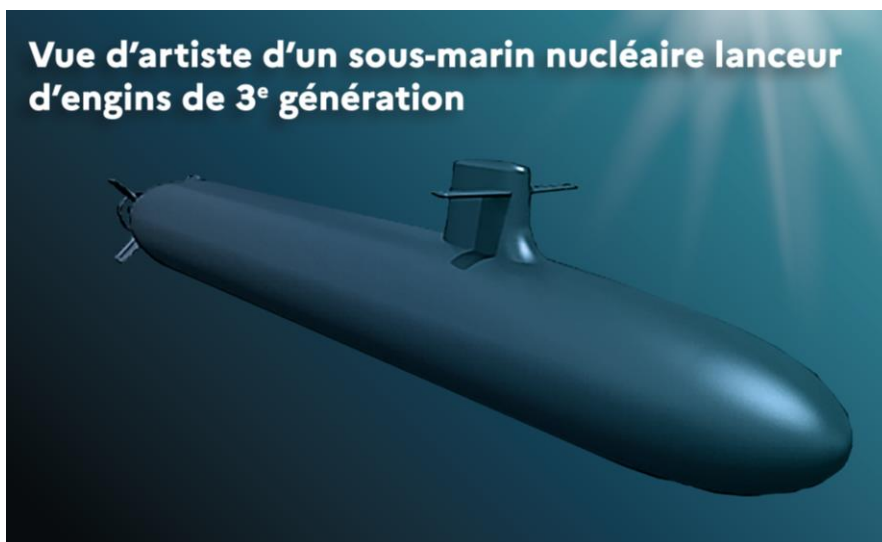


MINISTÈRE DES ARMÉES

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Lancement en réalisation du programme SNLE 3G

Vue d'artiste d'un sous-marin nucléaire lanceur
d'engins de 3^e génération



**Visite ministérielle - Centre d'expertise et
d'essais DGA Techniques hydrodynamiques**

DOSSIER DE PRESSE

Val-de-Reuil, 19 février 2021





Sommaire

Parcours de la visite.....	3
Le centre d'expertise et d'essais DGA Techniques hydrodynamiques.....	4
DGA Techniques hydrodynamiques : un rôle historique au service de la dissuasion nucléaire.....	5
Le programme SNLE 3G.....	6
Les compétences de DGA Techniques hydrodynamiques au service du programme SNLE 3G.....	8
Les moyens d'essais du centre DGA Techniques hydrodynamiques.....	11
La Direction générale de l'armement.....	15



Parcours de visite

Grand tunnel hydrodynamique (GTH)

Présentation du GTH avec maquette Sous-marin nucléaire lanceur d'engins de 3^e génération (SNLE 3G) en veine.

Cuve à houle

Essai de stabilité face à la houle d'une Frégate de défense et d'intervention (FDI) et présentation de la simulation numérique avec les exemples des programmes Porte-avions nouvelle génération (PANG) et SNLE 3G.

Bassin de traction B600

Démonstration d'une traction d'un SNLE 3G
Démonstration du modèle libre en configuration *Barracuda*
Présentation de la maquette du PANG utilisée pour les essais de résistance à l'avancement avec film des essais.



Le Centre d'expertise et d'essais DGA Techniques hydrodynamiques

Grâce aux compétences de ses personnels, la Direction générale de l'armement (DGA) est dotée de la capacité de vision et de planification à long terme des besoins. Depuis 60 ans, elle sait conduire, pour le compte de l'État, les grands programmes d'armement sur le long terme, sur tout leur cycle de vie. Elle sait innover et anticiper l'apparition des nouvelles menaces en lien avec les forces. Son savoir-faire est reconnu et a fait ses preuves au fil des Lois de programmation militaire (LPM) successives.

DGA Techniques hydrodynamiques est l'un des experts techniques de référence pour les programmes d'armement navals conduits par la DGA, qui ont équipé ou équipent les armées aujourd'hui.

Plus que centenaire, mais installé depuis 1988 à Val-de-Reuil en Normandie, DGA Techniques hydrodynamiques a vu naître de nombreux navires en participant à leur conception ou à leur amélioration grâce à des moyens uniques en Europe.

Le centre intervient majoritairement en phase d'avant-projet des navires destinés à la Marine nationale, mais participe également à la phase de validation des performances au moment des essais en mer. **Le centre a testé et qualifié l'ensemble des navires militaires français, du porte-avions *Charles de Gaulle* aux différentes frégates et autres bâtiments de surface, en passant par les Sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) et Sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE).**

Plus petit centre de la direction technique de la DGA, DGA Techniques hydrodynamiques n'en demeure pas moins **une pierre angulaire de la construction navale en France.**

DGA Techniques hydrodynamiques : un rôle historique au service de la dissuasion nucléaire

A l'aube de son 60^{ème} anniversaire, la DGA porte la modernisation de la dissuasion française, en incarnant à la fois la continuité et la préparation innovante des futurs systèmes de défense.

DGA Techniques hydrodynamiques a une longue histoire avec les SNLE français.

Implanté historiquement à Paris, le centre a déménagé progressivement à partir des années 1980 sur le site de Val-de-Reuil, du fait de la nécessité de disposer d'un moyen d'essais indispensable à la conception des propulseurs silencieux des Sous-marins nucléaires lanceurs d'engin (SNLE) de la classe « *Le Triomphant* » : le Grand tunnel hydrodynamique (GTH), aux performances uniques en Europe et rares dans le monde.

D'autres moyens comme le bassin de traction B600 ont par la suite rejoint le GTH sur ce site.

Les moyens d'essais et de simulations numériques du centre apportent une contribution essentielle aux programmes de sous-marins dans les domaines suivants : performances propulsives, discrétion acoustique et performances de manœuvrabilité. A titre d'exemple, 90% de la capacité de calculs numériques intensifs de la DGA est localisée sur le site de DGA Techniques hydrodynamiques.

DGA Techniques hydrodynamique est également fortement impliqué dans les programmes « Porte-avions de nouvelle génération (PANG) » et « Sous-marin nucléaire de 3e génération (SNLE 3G) ».

Les moyens d'essais :

- **Le grand tunnel hydrodynamique** : cette soufflerie hydrodynamique pressurisable et dépressurisable permet de mesurer de très faibles niveaux de bruit rayonné.
- **Le bassin de traction B600** sert à tester et valider les prévisions des simulations dans les domaines de la résistance à l'avancement, de l'autopropulsion, de la stabilité et de la manœuvrabilité en mer calme ou sur houle.
- **La cuve à houle** génère des houles obliques pour les essais de tenue à la mer.
- **Des moyens de calculs** avancés dont un cluster de bientôt 12 000 cœurs pour les simulations numériques.



Le programme SNLE 3G

Le programme SNLE 3G est un programme régalien, au cœur de la défense française. Il fait partie des programmes d'armement majeurs dont la DGA assure la maîtrise d'ouvrage depuis sa création en 1961.

Le programme SNLE 3G est un investissement majeur de l'État qui va bénéficier à toute une filière industrielle de souveraineté et occuper, en France, plusieurs milliers d'emplois pendant plusieurs dizaines d'années.

La composante océanique de la dissuasion met en œuvre des Sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) qui garantissent, par leur discrétion et leur faculté de dilution dans un espace océanique le plus vaste possible, la permanence de la capacité de frappe en réponse à une action adverse dissuadant ainsi tout agresseur potentiel de porter atteinte aux intérêts fondamentaux de la nation. Cette mission est remplie actuellement par les quatre SNLE de 2e génération de type « *Le Triomphant* » en service.

Le programme de sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de 3e génération (SNLE 3G) a pour objet de remplacer les quatre SNLE 2G au fur et à mesure de leur retrait de service à partir de la prochaine décennie, afin d'assurer la continuité de la posture de la composante océanique de la dissuasion (4 SNLE dont au minimum 1 en patrouille en permanence, prêt à exécuter l'ordre de tir dans les délais prescrits).

Les sous-marins SNLE 3G répondront à l'évolution de la menace pour les 50 prochaines années, notamment en termes d'invulnérabilité (discrétion et furtivité), et ils embarqueront les versions les plus modernes du missile stratégique M51.

Le programme SNLE 3G fait partie du programme d'ensemble Coelacanthe, en charge notamment du renouvellement de la composante nucléaire océanique de la dissuasion (sous-marins et missiles stratégiques). Il participe à garantir la posture opérationnelle et la permanence de la dissuasion durant la seconde moitié du XXI^{ème} siècle (la durée de vie de chaque SNLE est d'environ 40 ans).

La maîtrise d'ouvrage du programme SNLE 3G est assurée par la DGA. Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) assure la maîtrise d'ouvrage déléguée de la chaufferie nucléaire, en conformité avec le partage des responsabilités entre le ministère des Armées et le CEA, fixé par le Premier Ministre.

Le 1^{er} SNLE 3G sera mis en service opérationnel en cohérence avec le retrait de service du 1^{er} SNLE 2G type « *Le Triomphant* ».



Le programme SNLE 3G

Le SNLE 3G présente plusieurs avancées technologiques par rapport à la génération précédente :

- **Une discrétion acoustique améliorée** : avec un revêtement de masquage collé sur toute la coque du navire de manière à réduire le bruit rayonné dans l'eau (moindre détectabilité du SNLE par les sonars passifs) grâce également à une propulsion plus silencieuse ;
- **Une furtivité améliorée**, avec les revêtements anéchoïques sur le flanc du bateau améliorant l'invulnérabilité face aux sonars actifs ;
- **Une nouvelle usine de retraitement de l'atmosphère du bord** pour un objectif « zéro rejet gazeux » et accroître la discrétion ;
- **Une discrétion magnétique innovante** face à la menace aéroportée ;
- **Une amélioration de tous les senseurs**, notamment des capacités de détection accrues des sonars.



Les compétences de DGA Techniques hydrodynamiques au service du programme SNLE 3G

Sur le programme SNLE 3G, dès la phase de faisabilité et depuis 2010 pour les premières esquisses, DGA Techniques hydrodynamiques a réalisé des études et essais sur maquettes physiques ou numériques (carènes, hélices, manœuvrabilité, tenue à la mer), participant activement à la conception et l'évaluation des concepts envisagés. D'autres études se poursuivront de manière itérative jusqu'à la mise en service du premier SNLE 3G post-2030.

- **Performances propulsives et discrétion acoustique**

DGA Techniques hydrodynamiques assure par simulation numérique le design du propulseur. Ceci passe par la réalisation, sur maquette à échelle réduite, des essais au GTH afin d'étudier les performances de poussée, le bruit rayonné par le propulseur, et les phénomènes de cavitation.

Sur maquette, DGA Techniques hydrodynamiques réalise **des essais de résistance** (remorquage et autopropulsion) au bassin B600 afin de **déterminer la vitesse du navire.**

- **Performances de manœuvrabilité**

DGA Techniques hydrodynamiques réalise des calculs et des simulations sur le comportement du sous-marin, en plongée et en surface, en fonction de la forme hydrodynamique de la carène du bateau et de l'appareil à gouverner. **Il contribue ainsi à optimiser et définir les formes définitives du sous-marin et de son appareil à gouverner.**

Des essais de manœuvrabilité peuvent également se dérouler en immersion et en surface avec des maquettes de sous-marin à échelle réduite (au B600, en lac). Ces essais sont réalisés grâce à une nouvelle génération de maquette navigante de sous-marin : le **Modèle libre bassin nouvelle génération (MLB NG)**. Une maquette autonome et autopropulsée, parfaitement représentative des manœuvres du vrai sous-marin.

Ces essais sont essentiels pour garantir l'évolution en sécurité d'un sous-marin et pour déterminer le domaine de navigation autorisé du sous-marin en immersion et en vitesse.

Les compétences de DGA Techniques hydrodynamiques au service du programme SNLE 3G

- **Calculs numériques d'optimisation des formes de carènes et de lancement d'armes depuis le SNLE**

Au cours des 20 dernières années, le calcul numérique a pris un rôle très important dans l'évaluation des performances hydrodynamiques.

Les besoins liés aux études hydrodynamiques des SNLE et des missiles stratégiques lors de la phase de lancement ont conduit DGA Techniques hydrodynamiques à se doter d'un cluster de calcul. **DGA Techniques hydrodynamiques est ainsi devenu le centre de référence de la DGA dans le calcul intensif et dispose d'une capacité de calcul qui le situe dans le TOP 1000 des clusters de calcul dans le monde.** Ainsi, le calcul de trajectoire d'un sous-marin qui prenait plusieurs centaines d'heures il y a dix ans prend dorénavant une dizaine d'heure. Cette capacité a été mise à profit pour l'optimisation des formes du SNLE 3G.

DGA Techniques hydrodynamiques étudie également les trajectoires sous-marines des engins remorqués et des armes sous-marines. Ainsi, le centre a renforcé son expertise dans l'étude hydrodynamique de bouées remorquées en mettant au point des outils numériques qualifiés à l'aide d'essais sur modèle réduit. Ces travaux illustrent la complémentarité entre les essais sur maquette et les calculs numériques.

D'autres centres d'expertises et d'essais de la DGA sont mis à contribution pour le programme SNLE 3G, sur la conception, le développement, le suivi de fabrication et les essais :

- DGA Techniques navales;
- DGA Essais de missiles, DGA Maîtrise de l'information;
- DGA Ingénierie des projets.

Aux côtés de DGA Techniques hydrodynamiques, DGA Ingénierie des projets et DGA Techniques navales sont impliqués depuis le début des études d'avant-projet du programme SNLE3G ; DGA Maîtrise de l'information sera sollicité pour la navigation et la sécurité des systèmes d'information. Enfin DGA Essais de missiles sera impliqué dans la réalisation des essais d'armement.



Les compétences de DGA Techniques hydrodynamiques au service du programme SNLE 3G

Les moyens d'essais du centre, initialement créés pour les SNLE 2G, après avoir été utilisés pour les SNA de la classe *Barracuda* et les sous-marins destinés à l'export, seront mis à hauteur pour les phases suivantes du programme SNLE 3G, notamment :

- **mise à hauteur exceptionnelle du GTH** pour concevoir des propulseurs encore plus discrets pour le SNLE 3G ;
- **mise à hauteur des équipements d'essais du bassin B600** pour les essais spécifiques aux sous-marins ;
- **mise à hauteur des maquettes de modèle libre** pour valider la plongée en sécurité du SNLE 3G.
- **une extension du cluster de calcul** est déjà en cours de réalisation.

Le Grand tunnel hydrodynamique (GTH)

Objectif : permettre l'étude de la cavitation* et de la discrétion acoustique des propulseurs navals au profit des bâtiments de surface civils ou militaires et des sous-marins.



Comment ça marche ?

Ce moyen se présente comme une grande soufflerie dans laquelle l'air est remplacé par de l'eau et dont on peut moduler la pression et la vitesse d'écoulement dans les deux « veines d'essais », c'est-à-dire les tronçons du tunnel dans lesquels sont placés les modèles à tester, afin de simuler des conditions représentatives d'immersion et de vitesse du navire ou du sous-marin au réel.

Le GTH permet de réaliser des essais de différents types :

- des essais et des recherches sur les signatures d'origine hydrodynamique (cavitation, bruit rayonné par un propulseur, bruit d'écoulement).
- des essais divers comme ceux liés à l'aérodynamisme à vitesse subsonique ou des essais à caractère hydrodynamique dans une soufflerie.

Du fait de ses qualités acoustiques et les montages d'essais qui lui sont associés, il est l'un des rares tunnels hydrodynamiques au monde capable de mesurer le bruit rayonné par un propulseur non-cavitant.



* La cavitation est un phénomène d'ébullition de l'eau qui se produit dans un liquide au contact ou dans le sillage de corps animés d'une grande vitesse (pales d'hélices par exemple). Phénomène bruyant, il peut aussi réduire l'efficacité d'un gouvernail et être à l'origine de détériorations.

Bassin de traction Emile Barillon, dit « B600 »

Le B600 est le moyen d'essais le plus imposant du site du Val-de-Reuil, avec un bassin long de 545 mètres, pour 15 mètres de large et 7 mètres de profondeur. Il est le plus long d'Europe et l'un des bassins de traction les plus récents au monde.

Objectifs : mener des essais de résistance et d'autopropulsion en eau calme et sur houle, de tenue à la mer sur houle de face ou arrière, de corps remorqués, et de manœuvrabilité en eau calme.



Comment ça marche ?

Le bassin de traction comporte à l'une de ses extrémités une zone de préparation des essais et à l'autre un générateur de houle régulière et irrégulière. Entre ces deux extrémités circule une plate-forme à laquelle est relié le modèle à tester. En eau calme, ce moyen d'essais permet d'acquérir une série complète de mesures dans des conditions expérimentales différentes (variation de vitesses, d'orientation ou de fréquence de rotation d'une hélice). Sur houle irrégulière, il facilite également une

analyse statistique réaliste du comportement d'un navire : la hauteur de la houle peut atteindre un mètre de haut, c'est-à-dire qu'il est possible de reproduire des vagues de 30 mètres pour une échelle de maquette de 1/30ème représentative des très grands navires. L'étude des « *rogue waves* » (vagues scélérates), capables de retourner un navire, fait partie du champ d'application possible des essais au B600.

Mue par des moteurs électriques très rapides et précis, sa plate-forme de traction se propulse à une vitesse variant entre 0,1 et 12 mètres par seconde, ce qui permet de simuler le comportement de tous types de navires, y compris les plus rapides, avec des dimensions de maquette suffisamment grandes pour obtenir des mesures extrapolables au réel. Les dimensions et la vitesse de la plate-forme du B600 sont également mises à contribution pour réaliser des essais de modèles de sous-marins en immersion.

La Cuve à houle (CAH)

Objectif : simuler le comportement à la houle des bâtiments de surface et des sous-marins proches de la surface, à vitesse nulle ou très faible.

Comment ça marche ?

Ce moyen d'essais de 32 mètres de long sur 10 de large permet de générer de nombreux types de houles à différentes profondeurs d'eau. Houles obliques, axiales, régulières ou irrégulières, splash (cumul de plusieurs vagues en une seule) ; houles unidirectionnelles ou multidirectionnelles, comportant des vagues provenant de plusieurs directions par grands fonds ou par faibles profondeurs, de nombreux types d'essais sont réalisables pour tester des maquettes entre 1,5 m et 8 m. Des systèmes optiques et différents capteurs permettent de caractériser les mouvements des maquettes ou bien encore de mesurer les efforts générés par la houle sur les maquettes.

Cette cuve à houle apporte des données expérimentales indispensables à la validation des codes de tenue à la mer. Enfin, c'est un moyen de recherches en hydrodynamique appliquée, soit dans le cadre de recherches propres à DGA Techniques hydrodynamiques, soit dans le cadre de coopérations avec des équipes de recherche universitaires.

Type d'essais réalisés :

- Essais de tenue à la mer de navire au point fixe à vitesse nulle ou très faible, sur houle oblique régulière ou irrégulière ;
- Essais de stabilité avant et après avarie de bâtiments de surface ;
- Essais de ponton, des systèmes de tranquillisation à basse vitesse et de bouée;
- Essais d'impacts de vagues, d'amarrage et de tenue au mouillage ;
- Essais de réglage des maquettes et de mise au point des moyens de mesure d'une façon économique en évitant l'immobilisation des autres grands moyens d'essais.



La simulation numérique

Au cours des 20 dernières années, la simulation numérique a pris une part de plus en plus importante dans les activités de DGA Techniques hydrodynamiques. Le centre est aujourd'hui doté d'un cluster de 6000 cœurs de calculs très bientôt porté à 12 000 cœurs.

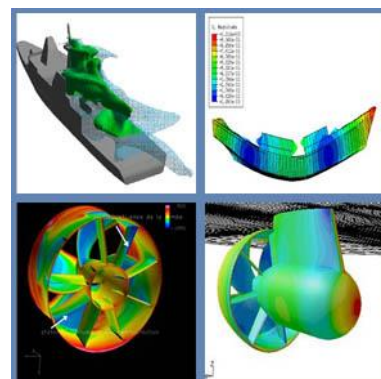
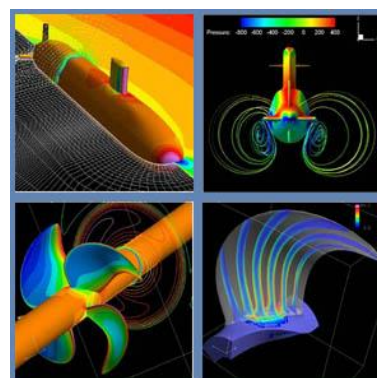
Objectifs : mettre en place des lois d'extrapolations entre les essais réalisés à l'échelle du modèle en bassin ou en tunnel et les performances attendues à l'échelle réelle, et faire de l'optimisation de forme pour déterminer la meilleure forme en fonction de critères adaptés (minimisation de la puissance ou du coût de fabrication, discrétion).

Comment ça marche ?

Les simulations numériques effectuées à DGA Techniques hydrodynamiques abordent aussi bien la problématique à l'échelle macroscopique (traînée d'un navire, d'un appendice) qu'à l'échelle microscopique (bulle de cavitation sur le propulseur, excitation d'un profil par la turbulence de l'écoulement).

Ainsi, en complément des essais, elles permettent d'accéder à des valeurs physique de manières globale (effort, couple, trajectoire,...) ou locale (pression, vitesse en un endroit particulier, contrainte dans les matériaux, bruit rayonné pour une fréquence spécifique,...).

Toutes les problématiques liées à l'hydrodynamique navale peuvent être abordées : calculs d'écoulement, manœuvrabilité, cavitation, rayonnement acoustique contrainte et déplacement. DGA Techniques hydrodynamiques peut répondre pratiquement à toutes les questions d'un architecte de plate-forme de bâtiment de surface ou de sous-marin et ceci de manière adaptée.



DGA

Construisons ensemble la défense de demain



Force d'expertise, d'essais et d'ingénierie au sein du ministère des Armées, la Direction générale de l'armement (DGA) a pour missions d'équiper les armées de façon souveraine, de préparer le futur des systèmes de défense, de promouvoir la coopération européenne et de soutenir les exportations.

Depuis sa création en 1961 par le Général de Gaulle, la DGA conduit en moyenne par an plus d'une centaine d'opérations d'armement, permettant de couvrir toute la gamme des équipements du meilleur niveau technologique nécessaires aux armées françaises pour réaliser leurs missions ; elle assure la maîtrise d'ouvrage des systèmes d'armes sur toute la durée de vie des programmes ; elle prépare l'avenir des systèmes de défense avec le souci d'assurer l'indépendance de la France et son autonomie stratégique.

Ses compétences techniques et son expertise unique en France et en Europe en font l'artisan de tous les succès technologiques de nos armées.

Premier acheteur de l'État, en 2019 la DGA a passé 13,4 milliards d'euros de commandes à l'industrie et investi 890 millions d'euros au profit de l'innovation et des projets de technologie de défense.

Notre ambition : conduire au bénéfice des armées la conception des systèmes de défense, les opérations d'armement et la structuration de l'industrie de défense.

Avec 18 sites en France, ses 10 000 hommes et femmes civils ou militaires, dont près de 60 % cadres, ingénieurs ou experts, et son réseau de collaborateurs à l'international, la DGA intervient dans tous les domaines de la défense (combat terrestre, naval, aérien, systèmes électroniques de communication et d'information, dissuasion, espace, cyber-sécurité, robotique, etc.).

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ARMEMENT
60 BOULEVARD DU GÉNÉRAL MARTIAL VALIN
CS 21623 - 75 509 PARIS CEDEX 15 - FRANCE

SUIVEZ-NOUS SUR :



www.defense.gouv.fr/dga
www.ixarm.com



DGA
DIRECTION GÉNÉRALE
DE L'ARMEMENT

SUIVEZ-NOUS SUR :



www.defense.gouv.fr/dga



DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ARMEMENT
60 boulevard du général Martial Valin
CS 21623 - 75 509 Paris Cedex 15 - France