

# SMEF AZUR au plus profond de la Provence

## 1990-2020

*si le futur puise toujours ses racines dans le passé, ce sous-marin est encore aujourd'hui un projet technique innovant et une source permanente de connaissances et de partage*



## La mission

GIE SAGA ( Association IFREMER / COMEX)  
Confie à l'équipe SMEF AZUR la mise en place de la climatisation de la zone vie et du poste contrôle plongeurs du sous marin SAGA.



Sous-marin d'Assistance à Grande Autonomie



comex



IFREMER

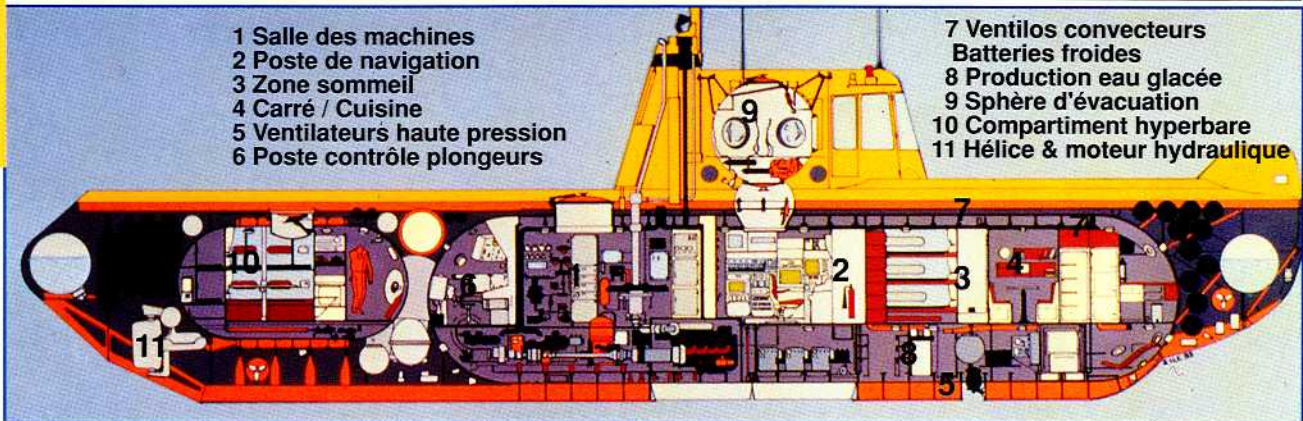
## Les contraintes

- S'adapter aux deux types de fonctionnement : surface et plongée.
- Utiliser des matériaux ne dégageant pas de fumées toxiques.
- Ne pas perturber les réseaux existants, notamment en ce qui concerne la régénération de l'air par absorption du CO<sub>2</sub> par chaux sodée.
- Intégrer le matériel dans un espace très réduit tout en utilisant l'architecture propre au sous marin (intégration des ventilos - convecteurs dans les couples de renfort).
- Prendre en compte la forte hygrométrie lors de la mise en régime en début de plongée.



- 1 Salle des machines
- 2 Poste de navigation
- 3 Zone sommeil
- 4 Carré / Cuisine
- 5 Ventilateurs haute pression
- 6 Poste contrôle plongeurs

- 7 Ventilos convecteurs
- Batteries froides
- 8 Production eau glacée
- 9 Sphère d'évacuation
- 10 Compartiment hyperbare
- 11 Hélice & moteur hydraulique



## Une réalisation exceptionnelle sur un sous marin civil unique au monde

### La solution technique

Une étroite collaboration avec les services techniques du projet et le chef mécanicien a permis d'intégrer les contraintes et de réaliser les éléments suivants :

- L'eau glacée à 7°C est produite par un groupe de production de type eau / eau, lui-même refroidi par le circuit de réfrigération du diesel. Un ballon tampon réalisé en tôle inox est fabriqué par nos soins.
- La climatisation des locaux est assurée par :
  - deux ventilos - convecteurs pour la zone sommeil et le carré
  - deux convecteurs équipés de ventilateurs haute pression pour le poste de navigation
- Les gaines sont réalisées en aluminium et isolées intérieurement en feutre de fibres de verre.
- La régularisation est assurée par :
  - des vannes 3 voies et régulateurs à action proportionnelle



*Le poste de contrôle plongeurs*

- des sondes d'ambiance et de limitation température soufflage pour le poste de navigation éliminant tout risque de condensation sur l'appareillage électronique.

Dans des eaux inférieures ou égales à 10°C, une marche économique est prévue par arrêt du compresseur et par passage direct du fluide de refroidissement dans les ventilos - convecteurs.

- Dans le souci de combattre la chaleur à sa source :
  - Les condensateurs à air des armoires froides sont remplacés par des condensateurs à eau
  - Des soufflages sont répartis vers le pupitre et l'alimentation 24V, sources importantes de chaleur.

### Les essais

Pour s'assurer du bon fonctionnement de cette installation dans les conditions réelles d'utilisation, des essais en plongée à moins 70 m, sont réalisés par un technicien SMEF AZUR.

**Avec SAGA  
SMEF AZUR innove**



*Une partie de l'installation*



# SAGA

Sous-marin d'Assistance à Grande Autonomie



**comex**



## UNE TECHNOLOGIE AVANCEE

La réalisation de SAGA a nécessité de nombreuses innovations technologiques importantes pour le développement futur de l'intervention sous-marine.

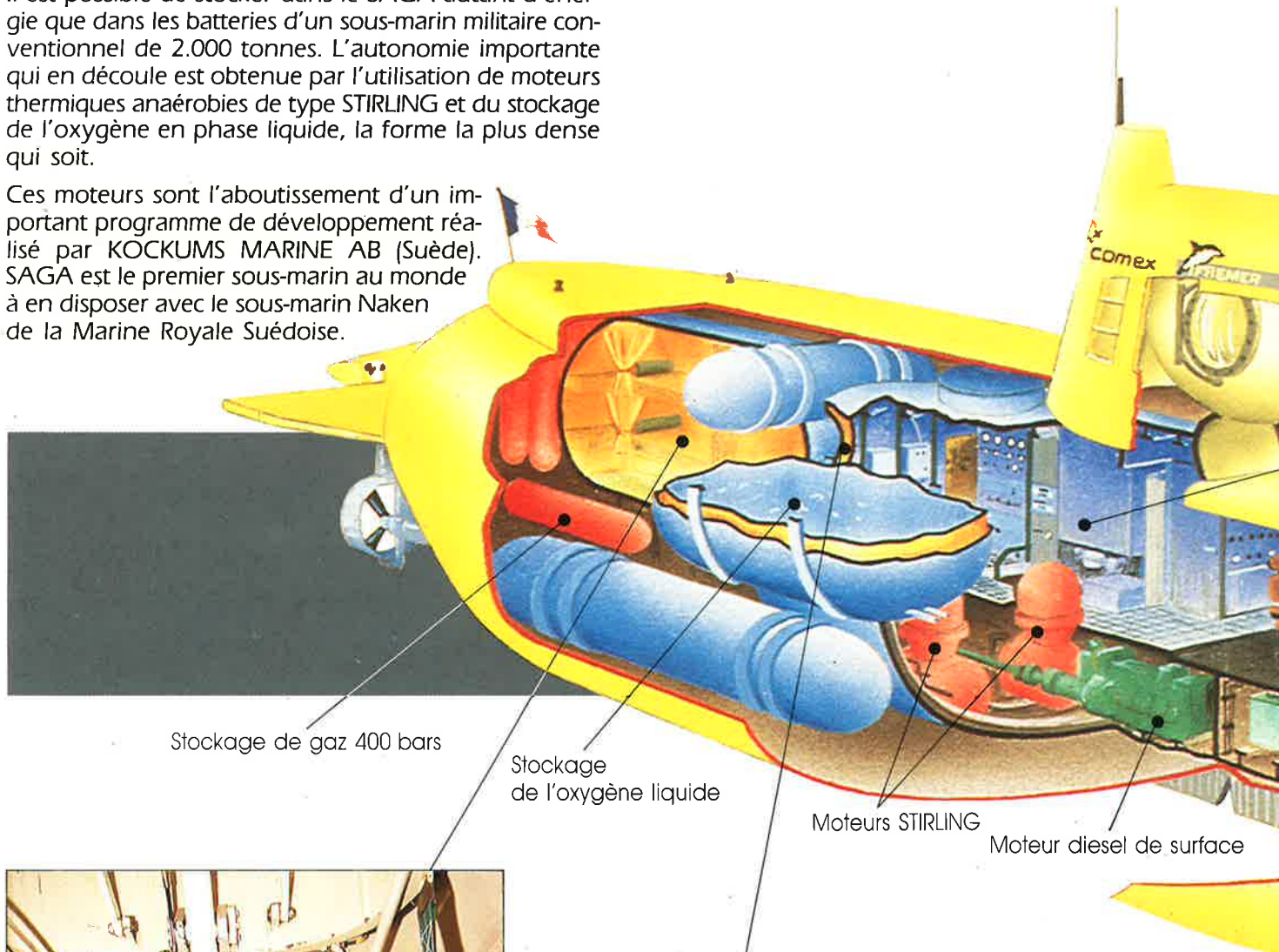
### Moteurs STIRLING et stockage cryogénique de l'oxygène

Il est possible de stocker dans le SAGA autant d'énergie que dans les batteries d'un sous-marin militaire conventionnel de 2.000 tonnes. L'autonomie importante qui en découle est obtenue par l'utilisation de moteurs thermiques anaérobies de type STIRLING et du stockage de l'oxygène en phase liquide, la forme la plus dense qui soit.

Ces moteurs sont l'aboutissement d'un important programme de développement réalisé par KOCKUMS MARINE AB (Suède). SAGA est le premier sous-marin au monde à en disposer avec le sous-marin Naken de la Marine Royale Suédoise.

### Réservoirs de gaz haute pression en composite

Afin de réduire les poids morts, des réservoirs très haute pression (400 bars) ont été développés, caractérisés par un corps en acier renforcé par un enroulement de fibres en composite Kevlar.



Stockage de gaz 400 bars

Stockage de l'oxygène liquide

Moteurs STIRLING

Moteur diesel de surface



Habitat hyperbare.



Poste de contrôle plongeurs.

Ils sont utilisés pour stocker l'air comprimé nécessaire au bord, les gaz pour la plongée humaine et éventuellement de l'oxygène complémentaire pour les moteurs.

### Pilotage assisté par ordinateur

L'équipage étant limité, les fonctions de contrôle et de pilotage ont été automatisées autant que possible. Ainsi le sous-marin peut être piloté en transit par une seule personne.

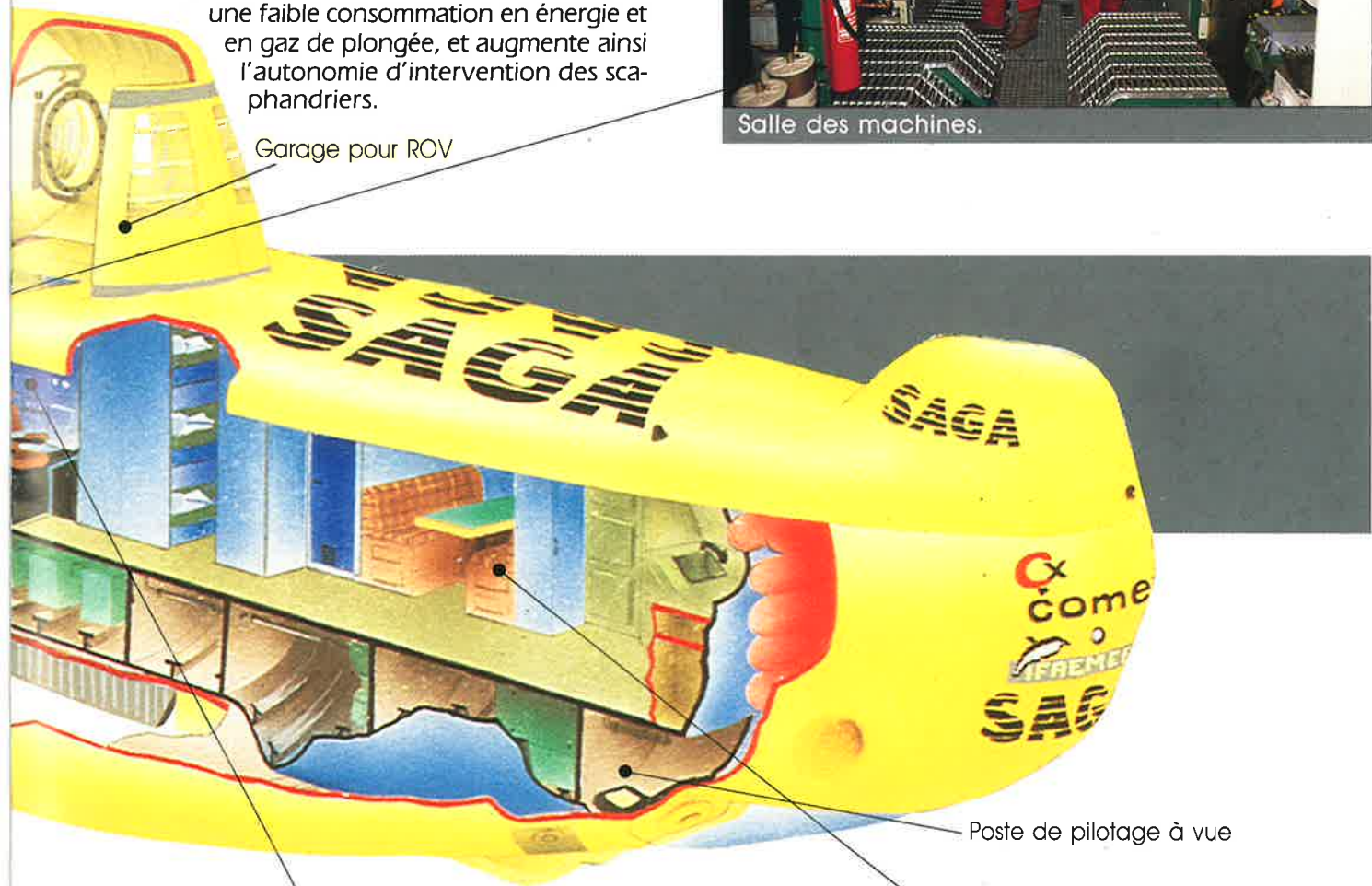
### Scaphandre faible consommation

L'équipement individuel des plongeurs a été développé spécifiquement pour SAGA. Il est caractérisé par une faible consommation en énergie et en gaz de plongée, et augmente ainsi l'autonomie d'intervention des scaphandriers.



Salle des machines.

Garage pour ROV



Poste de pilotage à vue

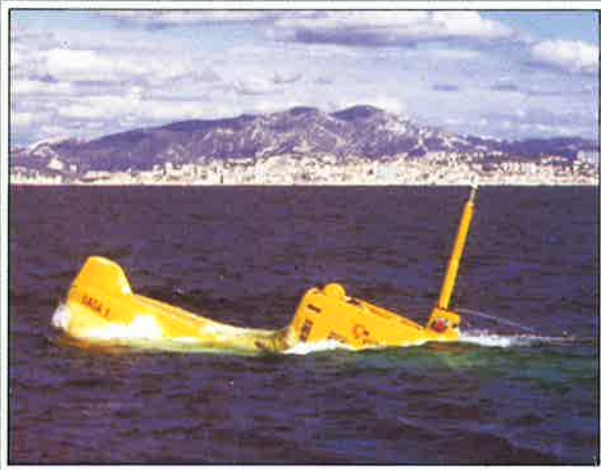


Poste central.



Carré.

## SAGA, PREMIER SOUS-MARIN INDUSTRIEL AUTONOME



Les travaux sous-marins profonds, par plongeurs ou par robots, nécessitent actuellement la mise en œuvre de navires spécialisés, ce qui contraint à des transferts fond-surface improductifs et expose l'exécution de ces travaux aux aléas météorologiques.

L'utilisation de sous-marins permet de s'affranchir des difficultés liées à la surface. Cependant, leur réalisation posait des problèmes technologiques non résolus jusqu'à présent.

SAGA est le premier prototype d'une nouvelle génération de sous-marins industriels capables d'intervenir avec plongeurs ou robots à proximité immédiate du chantier et de façon totalement indépendante de la surface.

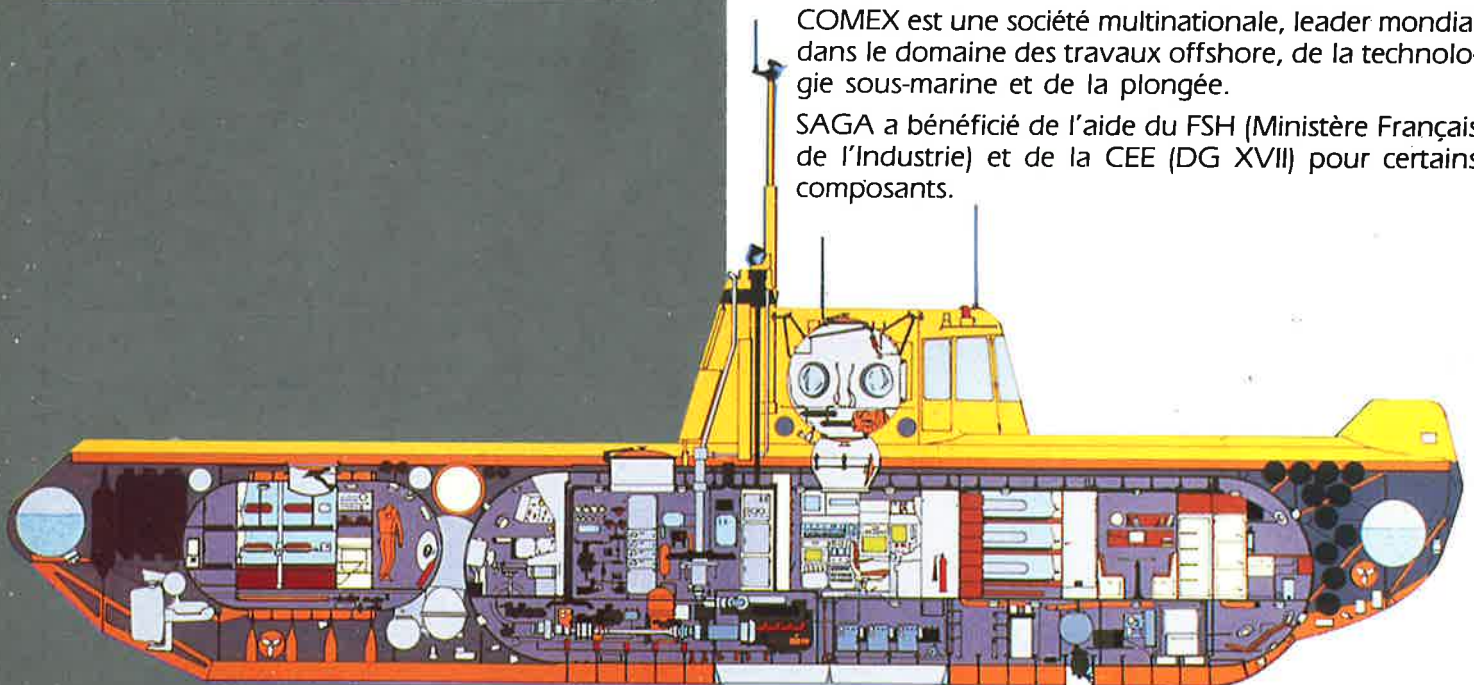
SAGA (28 mètres de long, 550 tonnes de déplacement en plongée, six hommes d'équipage) est équipé d'un compartiment hyperbare pour 4 à 6 scaphandriers. Plusieurs innovations importantes, notamment en matière énergétique, concourent à donner au SAGA une autonomie en plongée indispensable pour l'exécution de travaux sous-marins profonds. Il peut ainsi parcourir en plongée 150 milles nautiques, se poser sur le fond à proximité du chantier, faire intervenir ses scaphandriers et leurs outils et revenir à sa base sans avoir fait surface pendant plusieurs semaines.

SAGA a été développé en France par l'IFREMER et la COMEX, associés dans un Groupement d'Intérêt Economique (GIE SAGA).

IFREMER est un établissement public à caractère industriel et commercial dont la mission est la recherche pour l'exploitation des ressources des océans.

COMEX est une société multinationale, leader mondial dans le domaine des travaux offshore, de la technologie sous-marine et de la plongée.

SAGA a bénéficié de l'aide du FSH (Ministère Français de l'Industrie) et de la CEE (DG XVII) pour certains composants.



Habitat hyperbare

Compartiment atmosphérique

# PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU SAGA

## Principaux paramètres :

Longueur hors tout.....	28,06 m
Largeur hors tout.....	7,40 m
Hauteur hors antennes.....	8,50 m
Déplacement en surface.....	303 T
Tirant d'eau en surface.....	3,65 m
Déplacement en plongée.....	545 T
Immersion maximale.....	600 m
Immersion pour la plongée humaine.....	450 m

## Générateurs de puissance :

En surface : 1 moteur diesel HISPANO-SUIZA 175 kW  
En immersion : 2 moteurs STIRLING..... 2 × 75 kW

## Stockage de gaz et d'énergie :

Combustible.....	7.500 l
Stockage cryogénique de l'oxygène.....	6.500 kg
Air, gaz de plongée et oxygène.....	5.600 Nm <sup>3</sup>
Batterie principale.....	700 kWh
Energie totale stockée à bord sous forme électrique et chimique.....	10.500 kWh

## Certification :

Lloyd's Register of Shipping (classe 100 A1)  
Bureau Véritas (classe 1 3/3 - E)

## Systèmes de navigation, moyens de communication :

- Comparables à ceux d'un sous-marin militaire conventionnel.

## Capacités chantier :

- Charge utile compensable : 3 tonnes dans l'eau
- Moyens d'observation : poste de pilotage à vue à l'avant, plusieurs caméras avec éclairage.
- Possibilité de mettre en œuvre un ROV (robot)
- Capacité d'embarquer en condition atmosphérique un ou plusieurs passagers.

## MOTEUR STIRLING



Les deux moteurs STIRLING 75 kW installés à bord du SAGA.

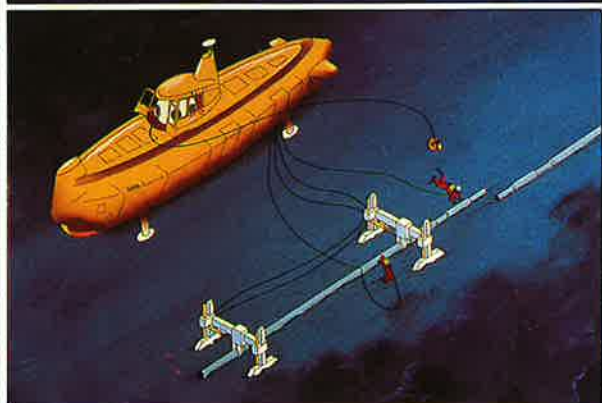
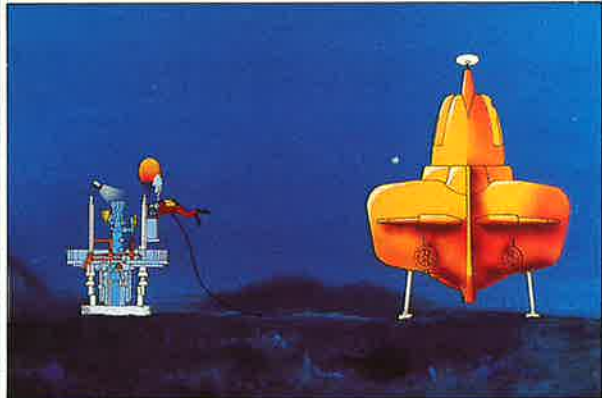
Le moteur STIRLING présente des caractéristiques qui le rendent intéressant pour une utilisation sous-marine : combustion d'oxygène pur, production de gaz de combustion directement sous pression, rendement élevé.

L'énergie thermique est obtenue par combustion d'un carburant standard avec de l'oxygène pur, dans une chambre de combustion pressurisée.

La chaleur de combustion est transférée à un gaz de travail (hélium) opérant en circuit fermé et dont le cycle thermodynamique provoque le mouvement des pistons entraînant l'arbre moteur.

La pressurisation de la chambre de combustion permet d'évacuer les gaz de combustion directement dans l'eau de mer jusqu'à 180 m et par l'intermédiaire d'un petit surpresseur au-delà.

## UNE ADAPTABILITE A DES MISSIONS VARIEES



La construction du SAGA a débuté en 1985 en reprenant certains éléments dont la coque de l'Argyronète, projet du Commandant Cousteau abandonné en 1972. Lancé en octobre 1987, SAGA a effectué un programme de qualification en mer de deux ans portant notamment sur les aspects fiabilité et sécurité.

SAGA est maintenant disponible pour réaliser une grande variété de travaux sous-marins jusqu'à des profondeurs de 600 m, de façon très concurrentielle par rapport aux moyens conventionnels.

### Offshore pétrolier

SAGA intervient par plongeurs ou par robot ROV pour des missions telles que l'inspection de pipelines, la maintenance de têtes de puits, l'assistance aux chantiers de construction et de réparation. Sa capacité d'opérer quelles que soient les conditions météorologiques en surface lui confère un intérêt supplémentaire pour les interventions urgentes.

### Recherche scientifique

L'autonomie du SAGA en fait un outil bien adapté aux missions d'études de l'environnement marin par observation directe et échantillonnage ainsi qu'aux recherches archéologiques.

### Secteur public

SAGA peut également être utilisé pour des missions d'intérêt général telles que l'intervention sur épave et la prévention de la pollution marine.

Enfin, SAGA constitue une plate-forme expérimentale pour la recherche technologique. L'expérience acquise permettra à la France de se placer dans la meilleure situation pour la conception des sous-marins industriels de la génération suivante, capables de manutention lourde, et permettant par exemple l'exploitation des champs pétroliers offshore situés sous la glace.

**SAGA**

Sous-marin d'Assistance à Grande Autonomie

149, plage de l'Estaque, 13016 Marseille - France  
Tél. : 91.09.21.21 - Téléfax : 91.03.75.03



**comex**

36, bd des Océans, 13009 Marseille - France  
Tél. : 91.23.50.00 - Téléfax : 91.23.50.21



66, avenue d'Iéna, 75116 Paris - France  
Tél. 47.23.55.28 - Téléfax : 47.23.02.79