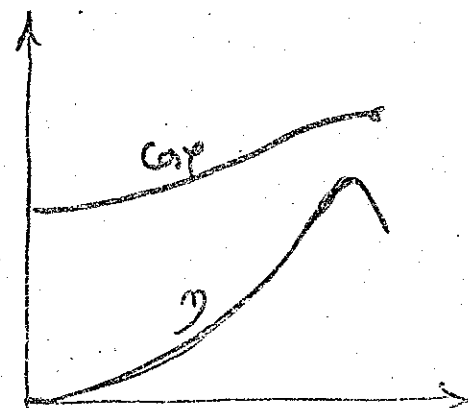
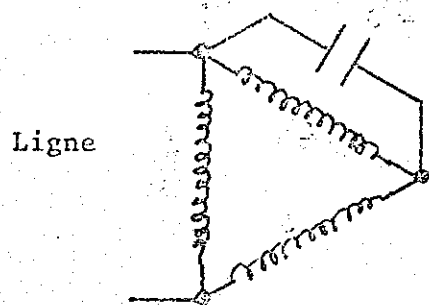
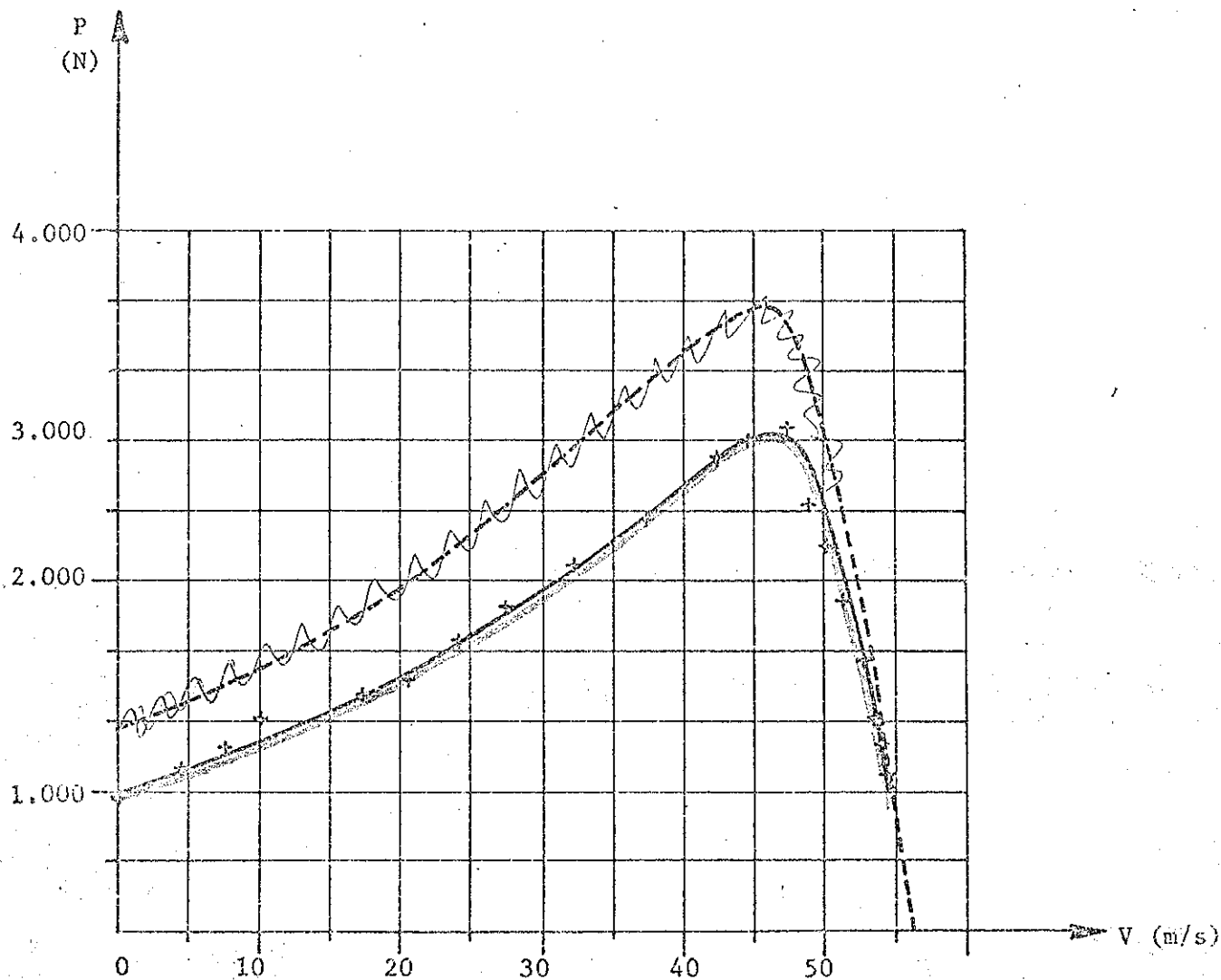


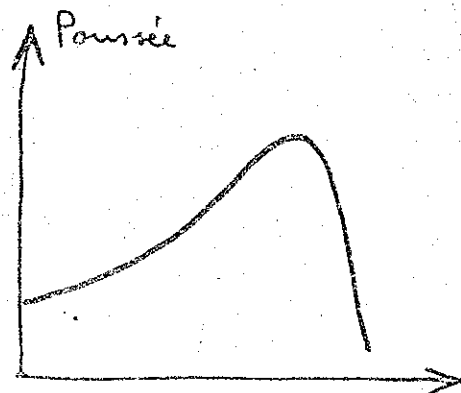
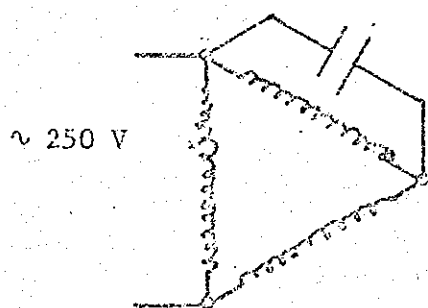
CARACTERISTIQUES EN MONOPHASE

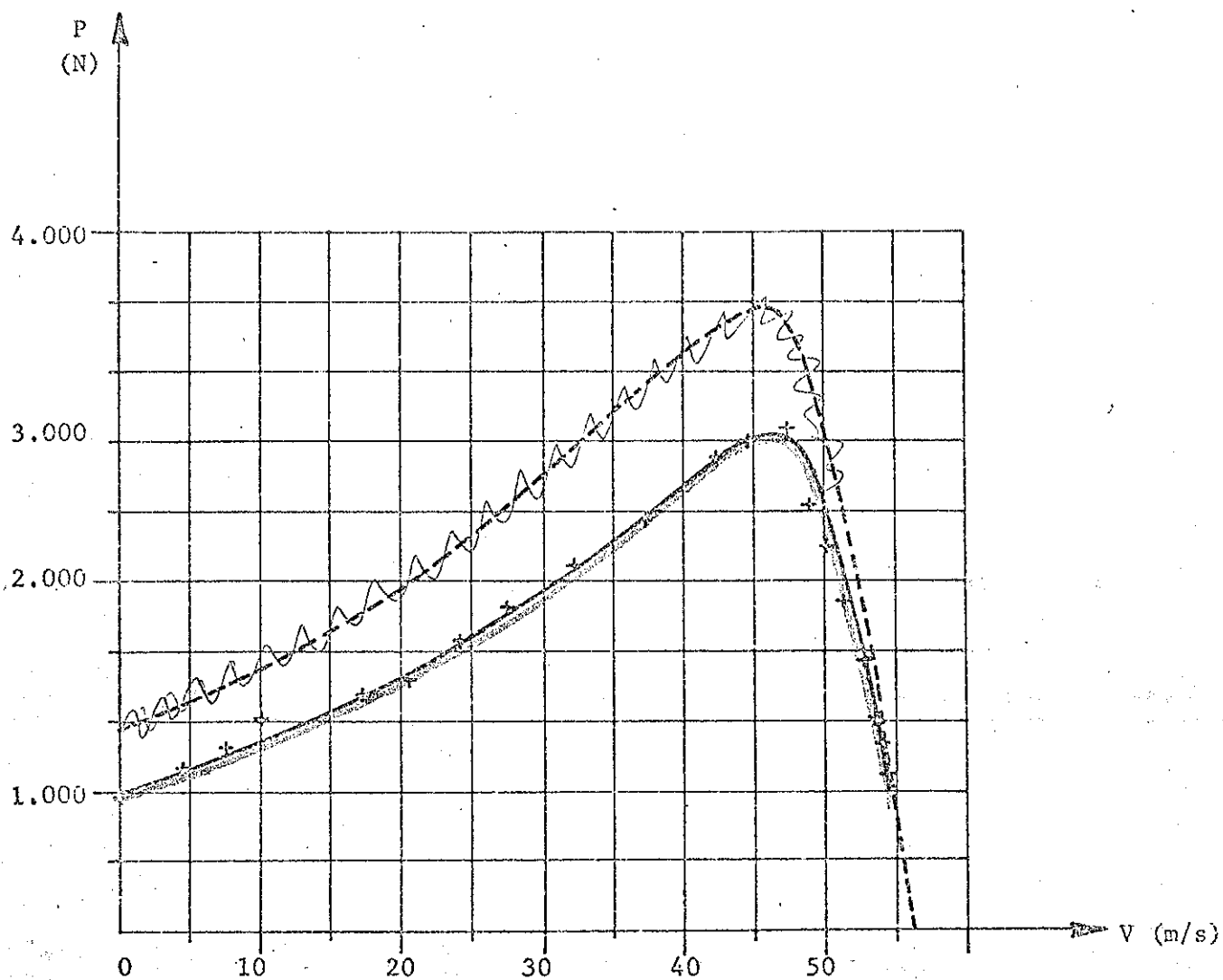




POUSSEE DU MOTEUR ALIMENTE
EN MONOPHASE ≈ 250 V, 50 Hz

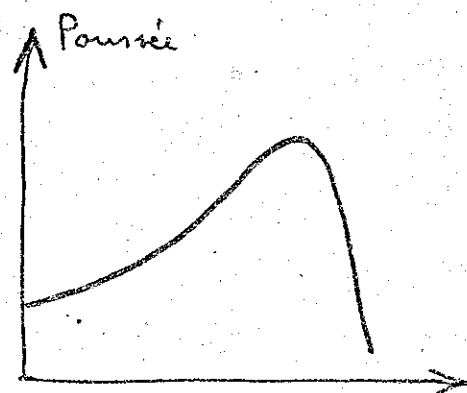
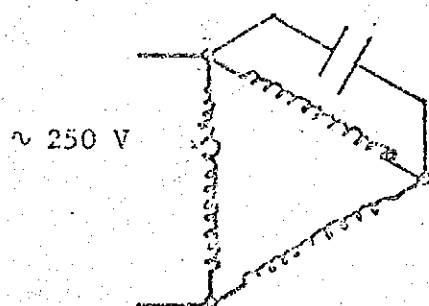
————— Mesure





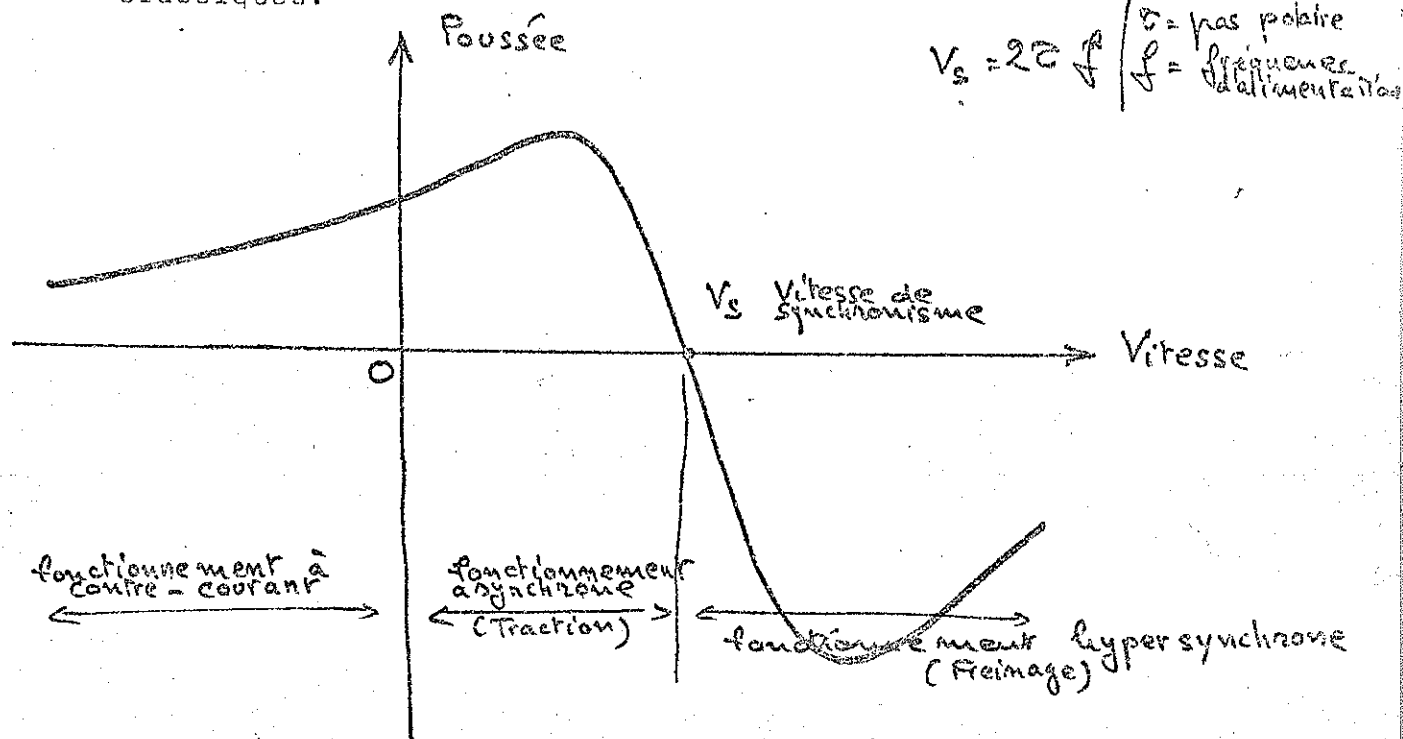
POUSSEE DU MOTEUR ALIMENTE
EN MONOPHASE ≈ 250 V, 50 Hz

— Mesure



COMMANDE DES MOTEURS LINEAIRES

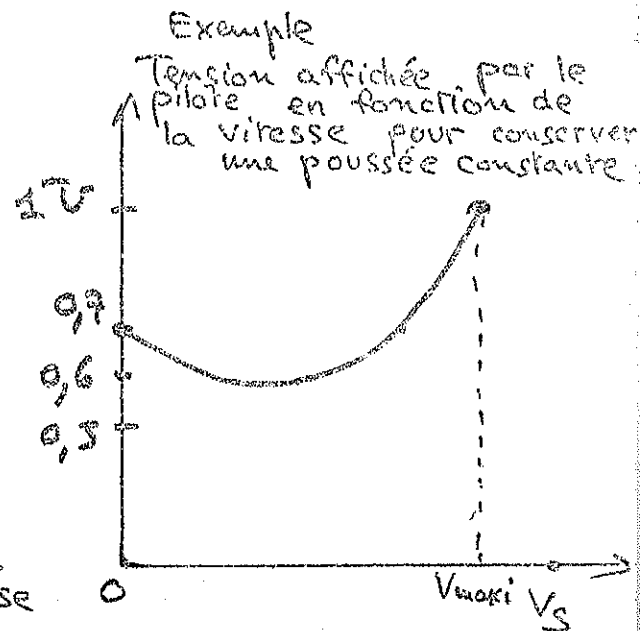
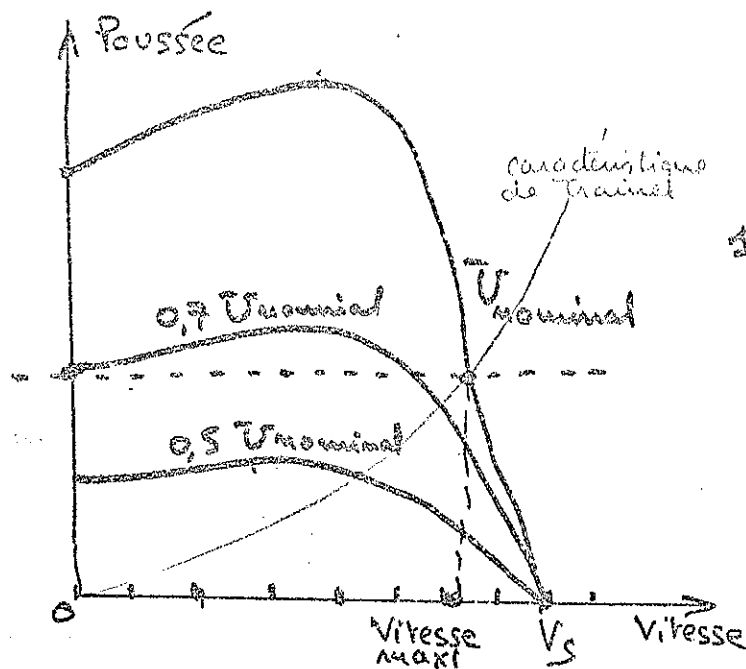
Les courbes : Poussée-vitesse des moteurs linéaires sont similaires à celles des moteurs électriques asynchrones classiques.



Dans ces conditions le réglage de l'effort moteur peut se faire de 2 manières différentes en fonction de la vitesse.

a) Tension Variable

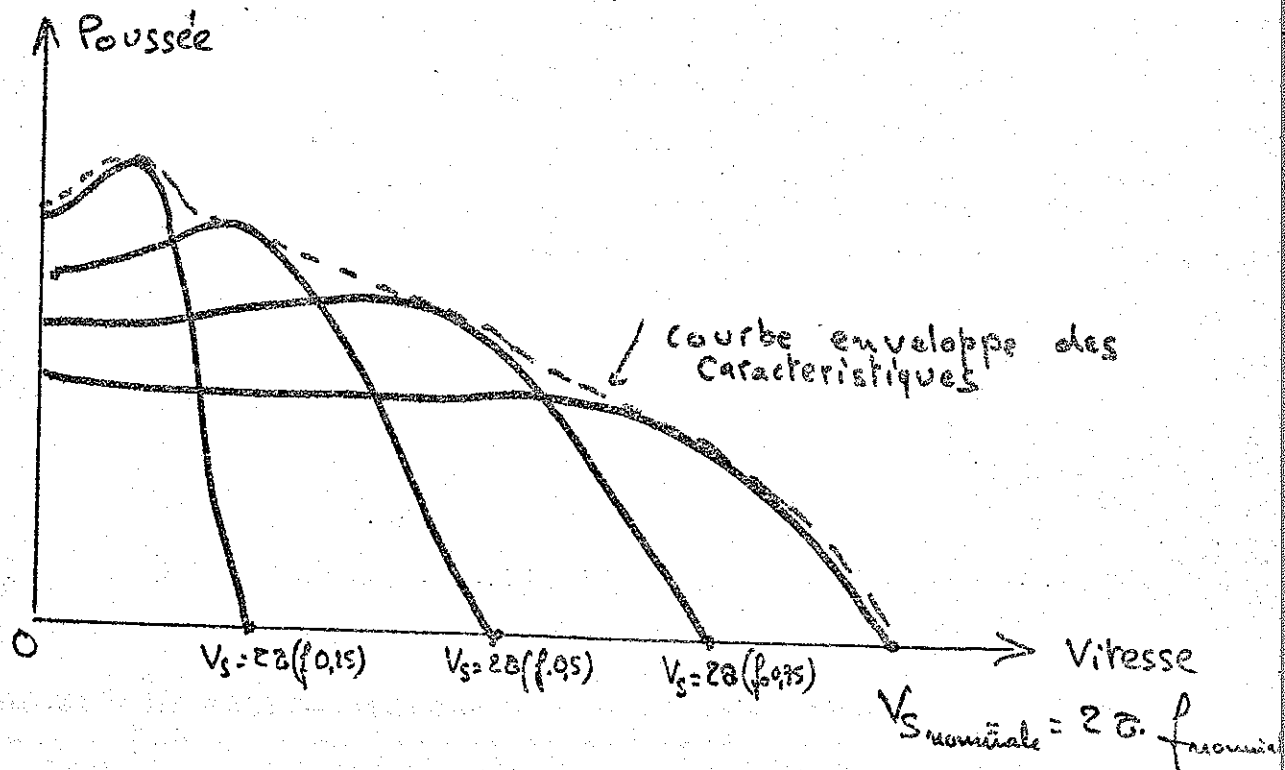
On applique aux bornes du moteur une tension U réglable ($0 < u < U_n$ nominale)



Le moteur fonctionne pendant la phase d'accélération à de fort glissement c'est à dire avec des rendements faibles.

b) Fréquence et Tension variable

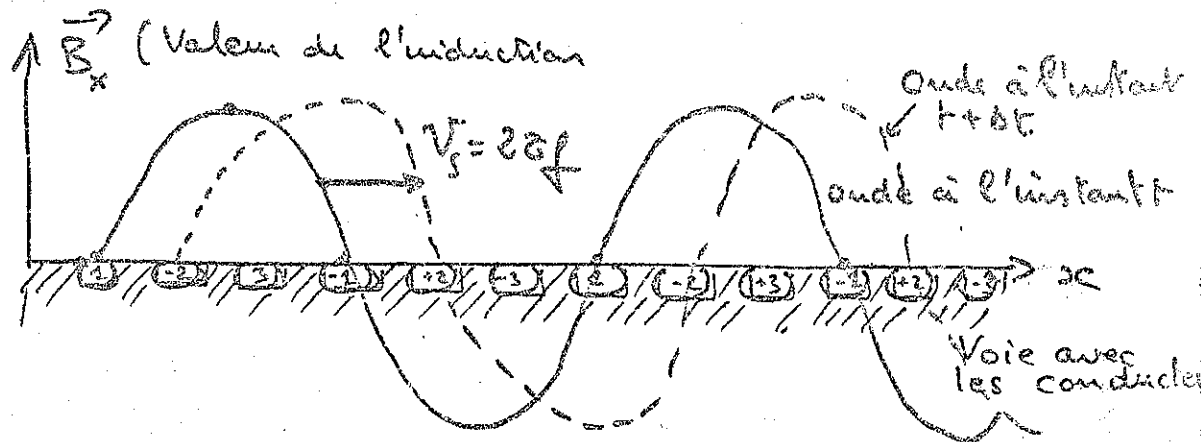
On conserve tout au long de l'accélération un glissement faible afin de bénéficier d'un rendement et d'un facteur de puissance maximum. Pour cela le moteur est alimenté par un convertisseur statique qui génère un courant alternatif triphasé à partir d'un courant continu grâce à un onduleur.



LE MOTEUR LINEAIRE SYNCHRON

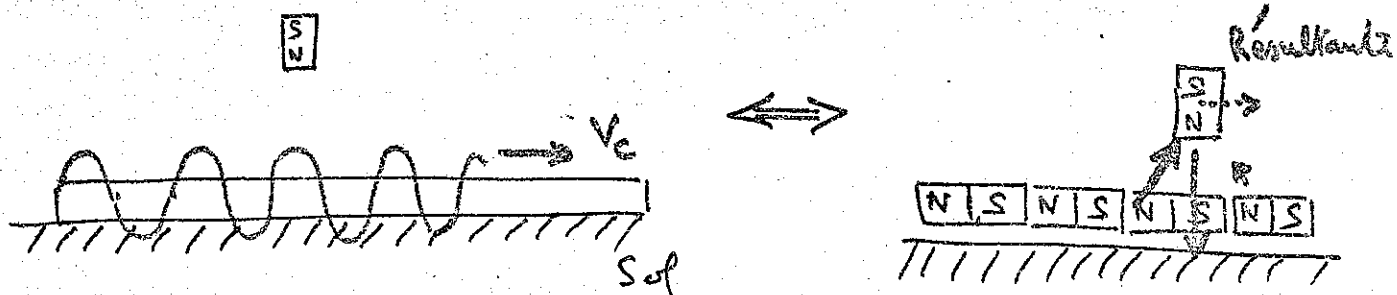
Principe :

D'une part, à bord du véhicule est installée une bobine cryogénique engendrant un fort champ magnétique constant, d'autre part la voie est équipée d'un réseau de trois conducteurs alimentés chacun par une phase d'un réseau triphasé.



On génère ainsi au dessus de la piste une onde électromagnétique qui se propage à la vitesse $V_c = 2\pi f \cdot \lambda$, λ étant le pas polaire et f la fréquence d'alimentation.

Cette onde se comporte comme une succession d'aimants de pôles opposés solidaires entre eux qui défileraient à la vitesse V_c par rapport à la voie. La bobine dont la polarité magnétique est fixée se trouve alors attirée par un pôle et repoussée par les 2 mitoyens, l'influence des autres pôles magnétiques étant beaucoup moins forte.



On réalise ainsi un engrènement magnétique le véhicule est entraîné par l'onde d'induction.

Les avantages et les inconvénients

Le véhicule est passif si l'on suppose les problèmes de cryogénie résolus, par contre sa vitesse est imposée par la fréquence du courant inducteur ce qui implique de pouvoir faire varier cette fréquence pour les phases du mouvement à vitesse variable, conducteur.

Les courants circulant dans la voie sont énormes et la mise sous tension doit se faire tronçons par tronçon au fur et à mesure que le véhicule progresse. Par ailleurs il subsiste le risque de voir le véhicule décroché de sa position d'équilibre dans la vague électromagnétique à la suite d'une perturbation extérieure. Dans le domaine des moteurs électriques linéaires à grande vitesse c'est sans doute la solution la plus futuriste.

LES EXPERIMENTATIONS SUR MODELES REDUITS

UNE SOLUTION ECONOMIQUE ET FRUCTUEUSE.

La mise au point d'un système de transport guidé à grande vitesse nécessite des moyens considérables. Il est indispensable de posséder des pistes d'essai de plusieurs km de long pour tester les différents organes à grandes vitesses, de plus on conçoit aisément, que toute modification aussi minime soit-elle implique des délais et des dépenses importantes lorsqu'elles intéressent la voie sur plusieurs km.

D'autre part, les composants des systèmes de transports nouveaux vers lesquels se portent les efforts des Techniciens concernent principalement des dispositifs électromagnétiques (systèmes de sustentation magnétiques, moteurs électriques linéaires et dispositifs de freinage à courants de FOUCAULT).

Dans l'état actuel des connaissances et des moyens informatiques il n'est pas possible de déterminer entièrement par le calcul ces systèmes et seule l'expérimentation est capable de révéler toutes les possibilités de ces machines testées.

Face à cette difficulté, l'Institut de Recherche des Transports a élaboré une Méthodologie fondée sur des essais de modèles réduits ; les essais d'une machine électrique, à l'échelle 1/3, par exemple mettent en jeu des dispositifs beaucoup plus légers, les masses varient comme le cube de l'échelle, un moteur linéaire de trois tonnes est représenté par une maquette d'une centaine de kg sur laquelle il est facile d'apporter des modifications.

Cette méthode de recherche, déjà appliquée dans bien des domaines (l'aéronautique en particulier), n'est valable que lorsque l'on est capable d'extrapoler les résultats obtenus sur les maquettes aux machines réelles. Il était donc indispensable de disposer d'une corrélation entre ces résultats c'est à dire que l'on doit posséder les lois de similitude.

L'ELABORATION DES LOIS DE SIMILITUDE ELECTROMAGNETIQUE

Le principe de cette similitude consiste à conserver des phénomènes similaires dans le modèle a l'échelle grandeur et la Maquette. Ceci implique de conserver les mêmes matériaux ainsi que l'induction magnétique en tout point des 2 machines afin d'éliminer toute distorsion liée à d'éventuels phénomènes électro-magnétiques non linéaires (saturation). Les phénomènes rencontrés dans les machines électriques précédemment évoquées sont de nature essentiellement inductive et les effets capacitifs (courant de déplacement) sont négligeables, de ce fait les lois générales de l'électromagnétisme se résument dans les quatre équations suivantes :

$$1) \quad \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum ni \quad (\text{Th. d' Ampère})$$

$$2) \quad \Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} \rightarrow e = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (\text{loi de Faraday})$$

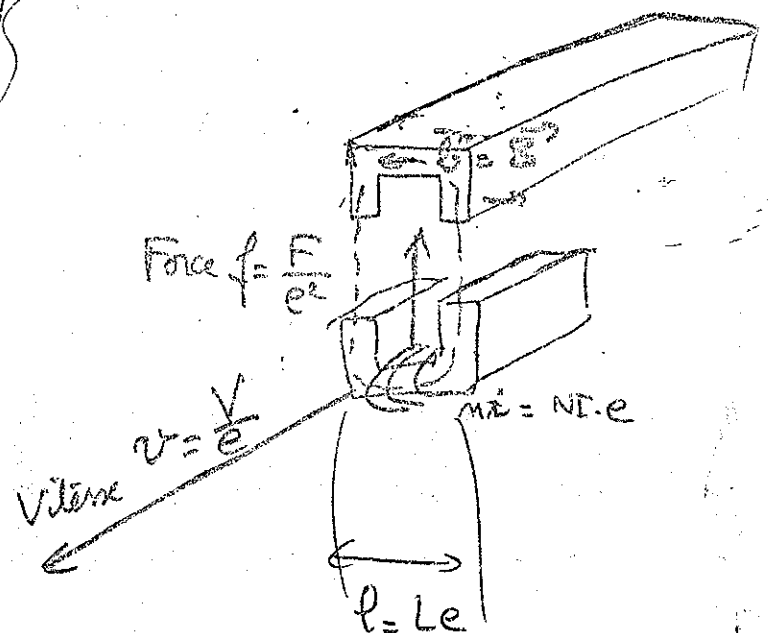
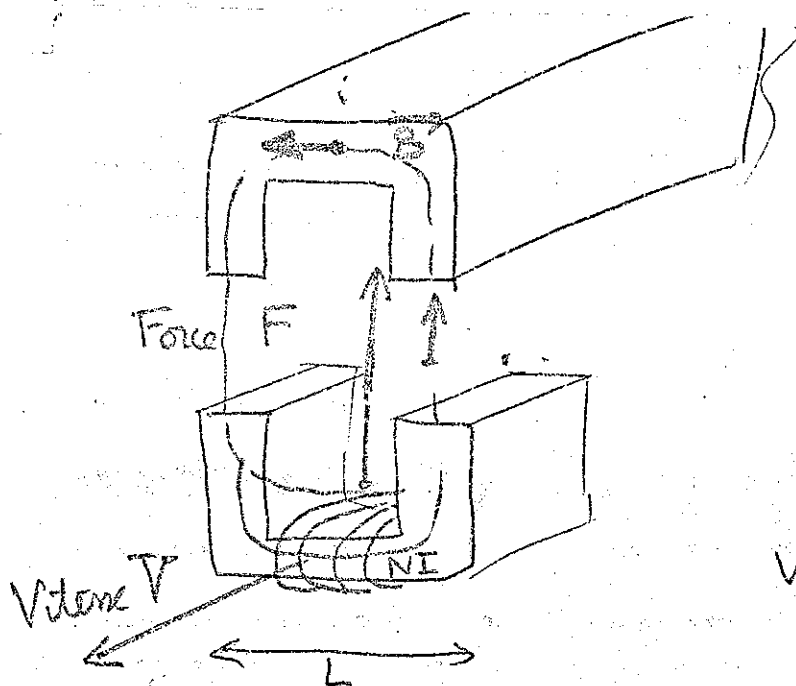
$$3) \quad U = Zi \quad (\text{loi d' Ohm})$$

$$4) \quad \Phi = f(Ni) \text{ ou encore } \vec{B} = \mu \vec{H} - \text{caractéristique magnétique de la matière}$$

NOTA : L'option qui consiste à conserver les matériaux ainsi que l'induction pour un point donné dans le modèle grandeur et la maquette implique que la fonction f est identique pour le Modèle et la Maquette.

Le tableau ci-après fournit les correlations entre les parametres liés au 2 machines Homothétiques.

	MODELE	MODELE REDUIT	RELATIONS
LONGUEUR	L	l	$l = Le$
CHAMPS	H	h	$h = H$
INDUCTION	B	b	$b = B$
COURANTS	Ni	ni	$ni = Nie$
TEMPS	T	t	$t = Te^2$
FREQUENCE	Fr	fr	$fr = Fr/e^2$
IMPEDANCE	Z	z	$z = Z/e$
FORCES ELECTROMAGNETIQUES	F	f	$f = Fe^2$
PUISSANCE	P	p	$p = Pe$



En particulier, l'unité de temps dans cette similitude suit le carré de l'échelle ; par exemple, à l'échelle 1/3, l'unité de temps est le 1/9 de seconde.

L'augmentation des vitesses avec la réduction de l'échelle conduit à des dispositifs d'essais particuliers : ainsi pour étudier un moteur à 200 km/h en vraie grandeur à l'aide d'un modèle réduit au 1/3, il est nécessaire d'expérimenter jusqu'à 600 km/h.

Cela pose deux types de contraintes :

a) Sur le plan mécanique

Il est nécessaire de réaliser des roues d'essais de faibles dimensions mais capables de grandes vitesses périphériques. Malgré les problèmes soulevés par la force centrifuge, ces roues sont toujours préférées à des dispositifs linéaires pratiquement irréalisables. Pour la même raison, on est conduit à limiter la réduction du modèle à l'échelle 1/5, l'échelle 1/3 paraissant la mieux adaptée.

b) Sur le plan thermique

Les températures ne sont conservées par la similitude qu'en régime adiabatique. Cela conduit à des essais brefs, de l'ordre de la seconde, pour deux raisons :

- 1° Rester suffisamment isotherme, pendant la durée de l'essai pour pouvoir découpler les influences thermiques des performances électromagnétiques (Variations des résistances électriques).
- 2° Rester dans le domaine adiabatique afin que les mesures locales des dérivées de la température fournissent une mesure exacte des pertes de la machine et de leur localisation.

TECHNOLOGIE DES MODES NOUVEAUX EN TRANSPORT MARITIME

(C.H. BROUSSAUD)

1) Classification

- navires amphibies à sustentation aérostatique
- navires à quille latérale à sustentation aérostatique
- navires à sustentation aérodynamique
- navires à sustentation hydrodynamiques.

2) Hydroptères

- 1ère génération, définition, description
- 2ème génération, définition, description.

3) Aéroglisteurs amphibies

- 1) Amfibie - 2) à quilles latérales*
- notions théoriques
 - description de plusieurs types d'aéroglisteurs

4) Autres modes de propulsion de navires

- navires nucléaires : sous-marins, bateaux de surface
- renaissance de la voile
- propulsion ionique.

- Ram wing

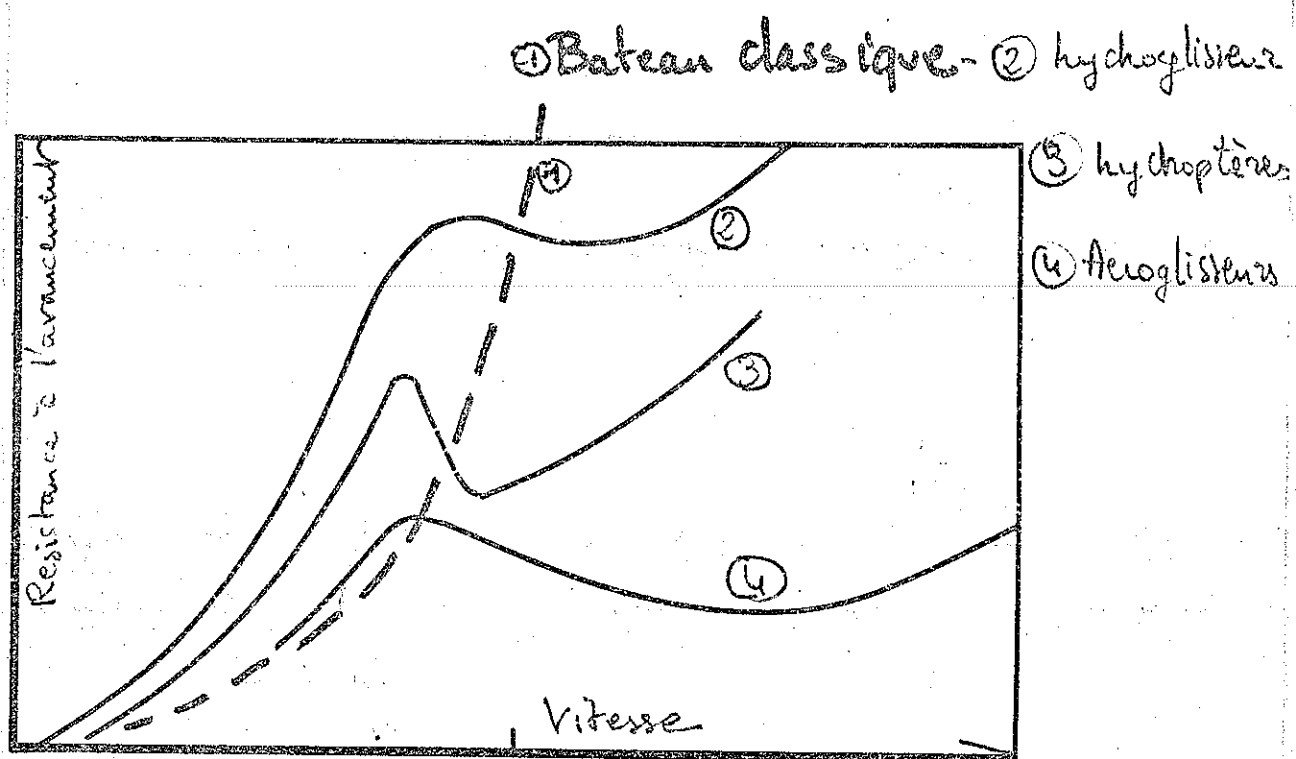
TECHNOLOGIE DES MODES NOUVEAUX DE TRANSPORT MARITIME

1 - INTRODUCTION

De tout temps le transport maritime a été la composante principale des échanges commerciaux internationaux. Toutes les améliorations techniques qui ont été étudiées ont touché surtout l'augmentation de la puissance propulsive installée à bord, et aussi l'accroissement des tonnages. Mais alors que sur terre et dans les airs l'homme se déplace de plus en plus vite, on constate sur mer une certaine stagnation dans cette course à la vitesse. Cela est dû principalement à la résistance hydrodynamique à l'avancement (rappelons que pour un navire classique la puissance nécessaire à la propulsion varie à peu près comme le cube de la vitesse) à tel point que tout gain notable de vitesse doit provenir de solutions techniques nouvelles qui cherchent à diminuer cette résistance à l'avancement plutôt que d'accroître la puissance installée à bord. Ce genre de navires, profitant des technologies de pointe permettant d'atteindre - il est vrai pour de faibles tonnages - des performances élevées sont appelés de manière générale "Navires non conventionnels".

Actuellement on peut donc définir deux grands axes dans le domaine des modes nouveaux des transports maritimes :

- Développement de concepts nouveaux pour accroître surtout la vitesse de déplacement. C'est le cas des navires non conventionnels.
- Recherche des améliorations à apporter à des navires de type classique en vue d'améliorer les conditions d'exploitation et la rentabilité commerciale, ce qui conduit par exemple aux navires à propulsion nucléaire pour les gros tonnages.



Nous allons d'abord établir un classement des différents types de navires non conventionnels, et étudier plus particulièrement quelques uns, puis nous décrirons les autres modes de développement des navires classiques.

II - CLASSIFICATION DES NAVIRES NON CONVENTIONNELS

Deux approches principales ont été explorées pour obtenir des navires à hautes performances et ont donné naissance aux hydroptères et aux navires à coussin d'air dont la différence réside dans le mode de sustentation.

Le tableau ci-dessous permet de donner une classification générale suivant les modes principaux de fonctionnement en croisière de ces engins.

MILIEU	TERME GÉNÉRIQUE	ORIGINE
	Aérogliisseurs	
Surface de séparation Air-Eau		
	Navires	
Eau	Sous-marins	

- * ASAS = Aérogliisseurs à sustentation aéro
- ASAD = Aérogliisseurs à sustentation aéro

1) - Aéroglisseurs Marins Amphibies

Ce sont des appareils à sustentation aérostatique dont le principe est de faire évoluer un véhicule sur un matelas d'air - ou coussin - créé par des ventilateurs qui prélèvent de l'air au-dessus de l'appareil pour le refouler en-dessous. L'application directe de ce principe n'aurait pas donné beaucoup de possibilités à ce genre de véhicule, en effet il doit suivre les irrégularités du terrain ou de la houle, alors que la hauteur de fuite de l'air sous le coussin ne doit pas excéder quelques dizaines de centimètres pour ne pas avoir des puissances installées pour les ventilateurs de sustentation prohibitives. La création de "jupes souples" pour confiner le coussin permet d'avoir une "coque déformable" qui peut absorber les obstacles sans modifier l'équilibre de l'ensemble.

Les deux modes principaux de confinement du coussin sont décrits dans les figures 1a et 1b. La filière à jupes souples et à alimentation périphérique du coussin est à la base de toutes les réalisations opérationnelles actuelles dans le monde.

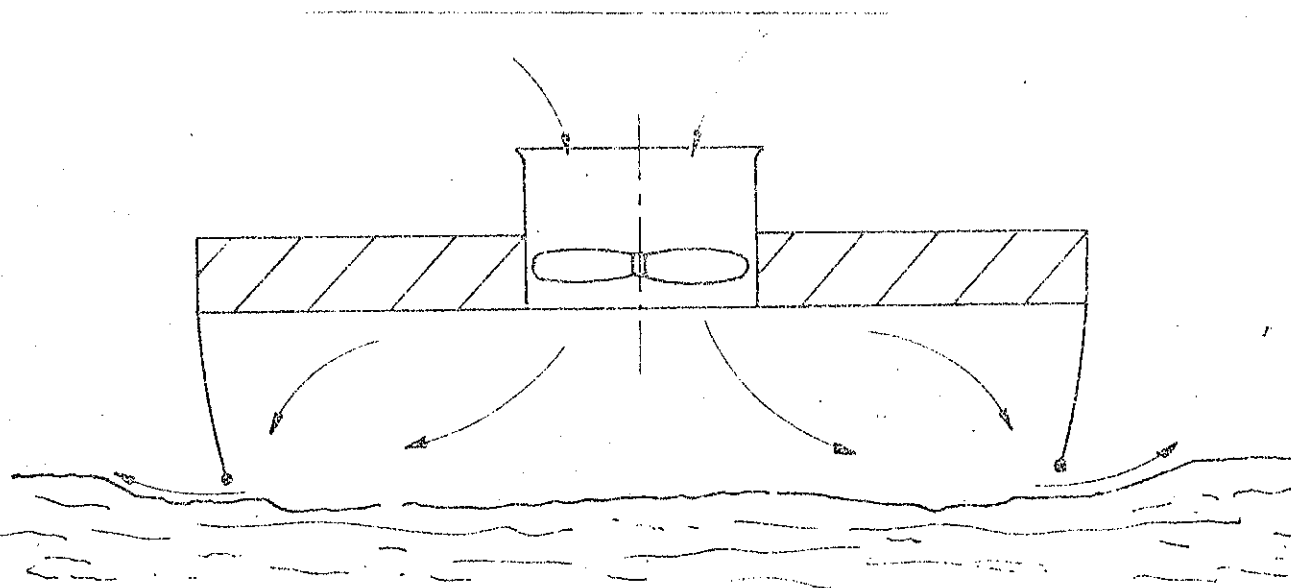
Le développement initial commença en Angleterre il y a une vingtaine d'années sous l'impulsion de M. COCKERELL. La première traversée de la Manche eut lieu en Août 1959 avec le SR.N1, premier d'une série de 6 Hovercrafts. Ces aéroglisseurs actuellement en service commercial ont atteint un stade de développement satisfaisant jusqu'à environ 200 tonnes. Leur vitesse est de l'ordre de 70 noeuds par mer calme, mais elle est sensiblement affectée par l'état de la mer.

Ce type d'appareil est actuellement utilisé dans le domaine civil, pour le transport rapide de passagers et d'automobiles ou de fret sur courtes distances (de 30 à 100 Nautiques) et présente l'avantage de s'affranchir des contraintes des ports conventionnels et des routes maritimes actuelles.

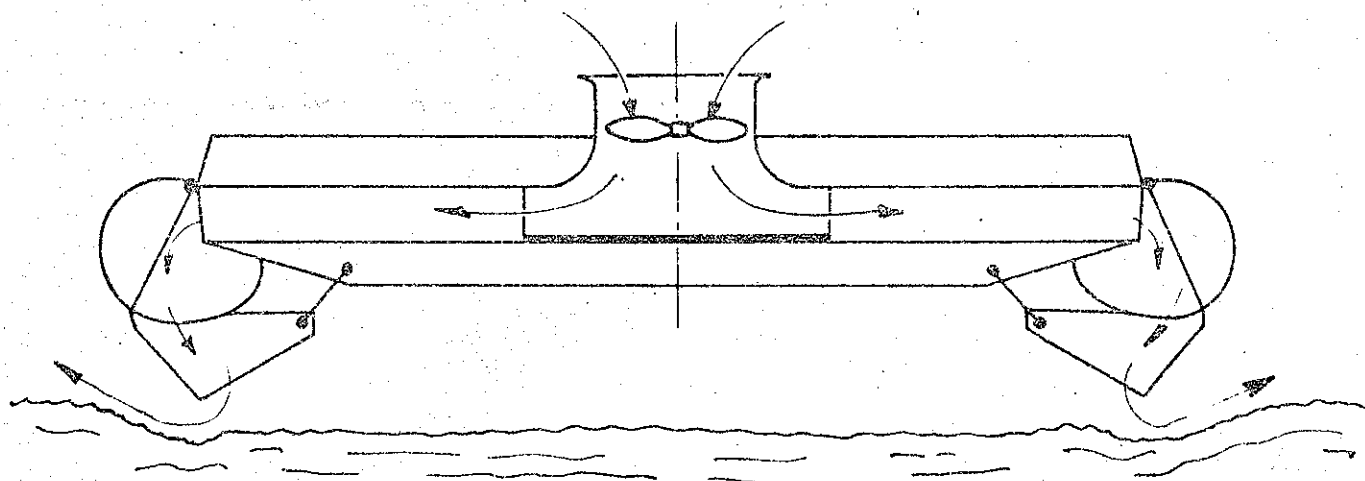
Nous décrirons plus loin quelques types d'appareil.

Nous allons faire le bilan des forces agissant sur un aéroglisseur amphibie pour bien montrer les différences existant avec les navires classiques. Elles sont de deux sortes.

1a - Principe en "cloche" d'un coussin d'air



1b - Principe d'un coussin d'air à alimentation périphérique



- Forces aérodynamiques

Il y a d'abord la traînée aérodynamique qui varie comme le carré de la vitesse ; sans oublier que ces appareils pouvant avoir des angles de dérapage élevés, la surface du maître-couple varie (l'allongement moyen de ces appareils est de l'ordre de 2).

Il y a ensuite à tenir compte de la traînée de captation qui est due au fait que les ventilateurs de sustentation qui aspirent de l'air au repos doivent lui communiquer la vitesse de déplacement de l'appareil par rapport au milieu ambiant. Cette traînée est proportionnelle à la vitesse.

Ces deux forces sont les principales d'origine aérodynamique.

- Forces hydrodynamiques

Le champ de pression dû à la sustentation, déforme la surface libre en engendrant un champ de vagues qui produit deux actions principales :

a) Une résistance due aux interactions

jupes-mer qui se décompose en plusieurs termes :

- Une résistance de frottement due aux vagues mouillant les jupes. Elle dépend du nombre de Reynolds et de la surface mouillée donc en fait des conditions de vol de l'aéroglisser.
- Une résistance dite d'écopage due aux chocs des vagues à l'intérieur du coussin sur les jupes.
- Une traînée "d'embruns" due aux embruns soulevés par l'afflux d'air du coussin arrêtés par les jupes ou la structure.

Ces différentes forces ne sont pas calculables théoriquement.

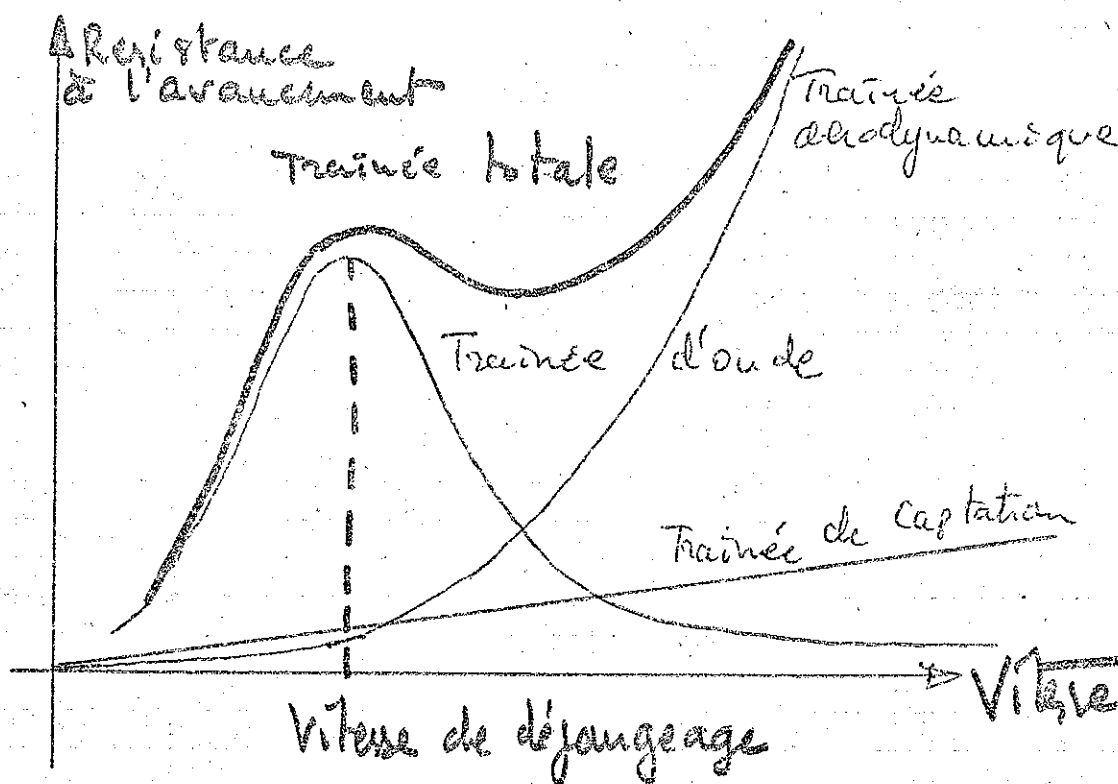
b) Une résistance de vague ou traînée d'onde due à formation d'une houle de vitesse supérieure à la vitesse de transfert d'énergie (célérité de la houle supérieure à la vitesse de groupe). Cette traînée dépend des nombres de Froude, de Reynolds, de la vitesse, de la géométrie du champ de pression sans oublier les dimensions de la masse d'eau environnante (profondeur en particulier).

Il est possible de calculer par la théorie ce dernier terme uniquement pour une mer calme. Cette traînée d'onde présente un pic appelé "déjaugage" qui se produit au moment où la longueur d'onde du champ de vague créée par l'aéroglisser est approximativement égale à deux fois la

longueur de l'appareil. Retenons pour fixer les idées que pour un aéroglisseur d'allongement 2 la vitesse de déjaugage correspond à un nombre de Froude d'environ 0.6

La traînée totale au déjaugage est un paramètre très important car il donne des indications sur le minimum de puissance à installer pour la propulsion.

Il est évident par ailleurs qu'il faut déterminer la marge de puissance au-dessus d'un déjaugage pour se fixer la vitesse maximum par mer calme, et savoir jusqu'à quel état de mer l'appareil pourra fonctionner.



La manoeuvrabilité est un problème particulier pour les aéroglisseurs marins amphibies qui ont tendance à glisser latéralement lors de giration à cause du manque de contact avec l'eau. Plusieurs types de solutions sont envisagées sur les aéroglisseurs actuels.

D'autre part ces appareils ont une structure légère qui doit supporter les efforts en vol - qui le rapprochent plus de l'avion - et les efforts en posé sur l'eau (cas à envisager s'il y a une panne de sustentation) qui le rapprochent du navire classique.

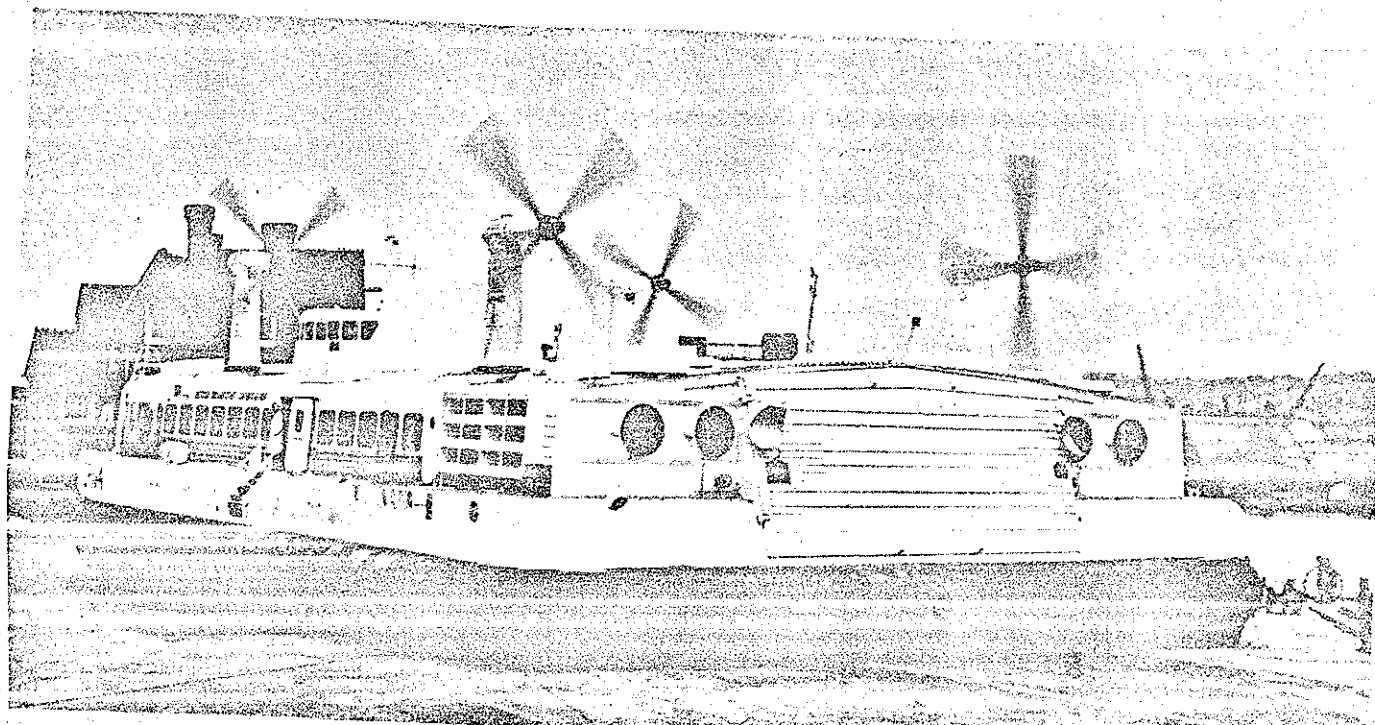
Voyons maintenant les solutions envisagées pour deux aéroglisseurs de tonnage élevé.

Tout d'abord le SR.N4 britannique qui assure depuis 1969 le transport de passagers et de voitures à travers la Manche.

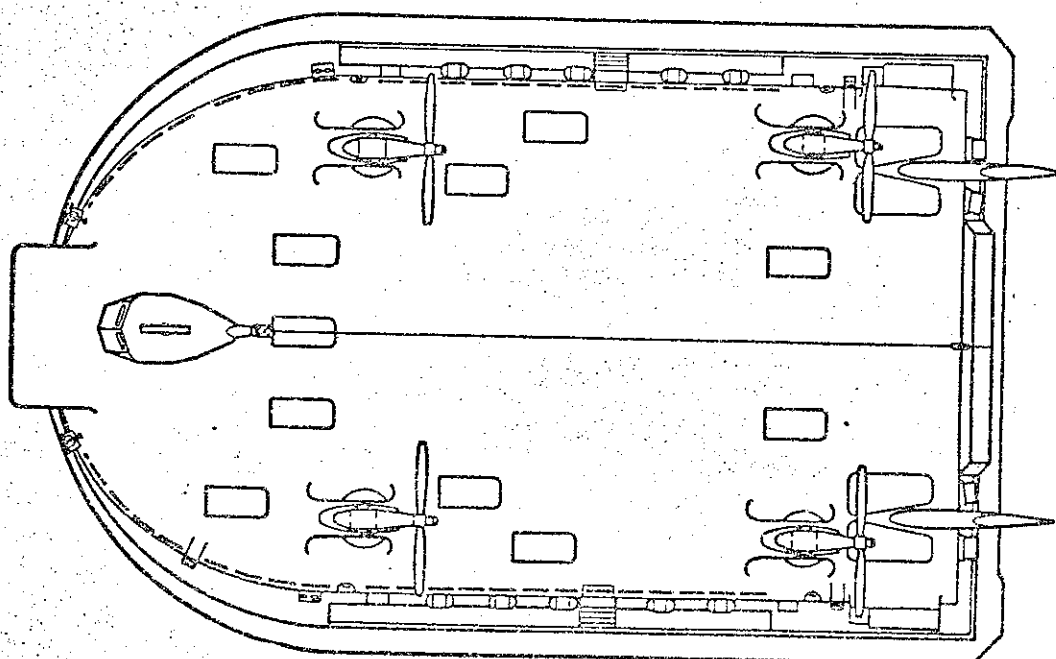
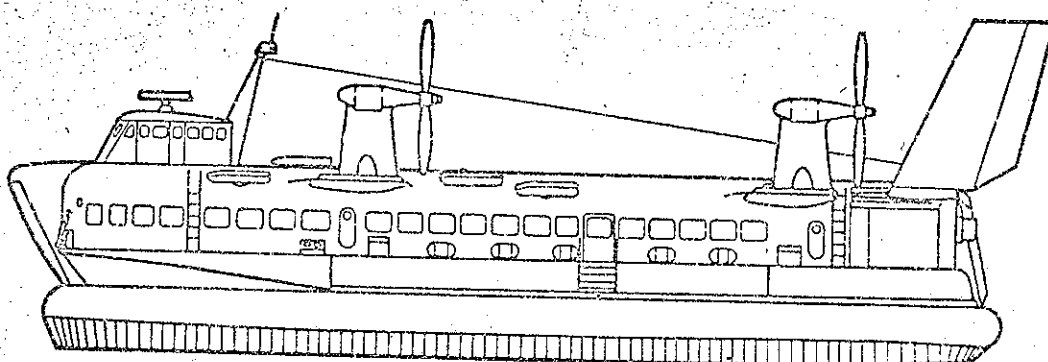
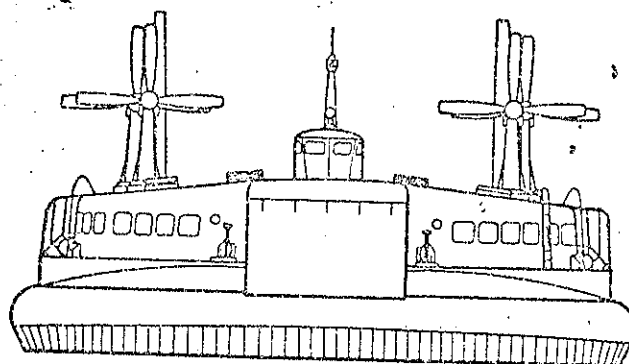
Dimensions	longueur hors tout \approx 40 m
	largeur hors tout \approx 24 m
	hauteur hors tout à l'arrêt 11,50 m
	hauteur des jupes 2,44 m
Masse	180 tonnes
Vitesse maximale par mer calme	70 noeuds
	Le SR.N4 en version standard peut transporter 254 passagers et 30 véhicules.
Propulsion	4 hélices à pas variables montés sur pods tournants
Sustentation	4 ventilateurs de type centrifuge
Puissance	elle est fournie par 4 turbines Rolls-Royce Proteus de 3400 CV en continu. Chaque turbine actionne une hélice de propulsion et <i>un ventilateur</i> de sustentation.

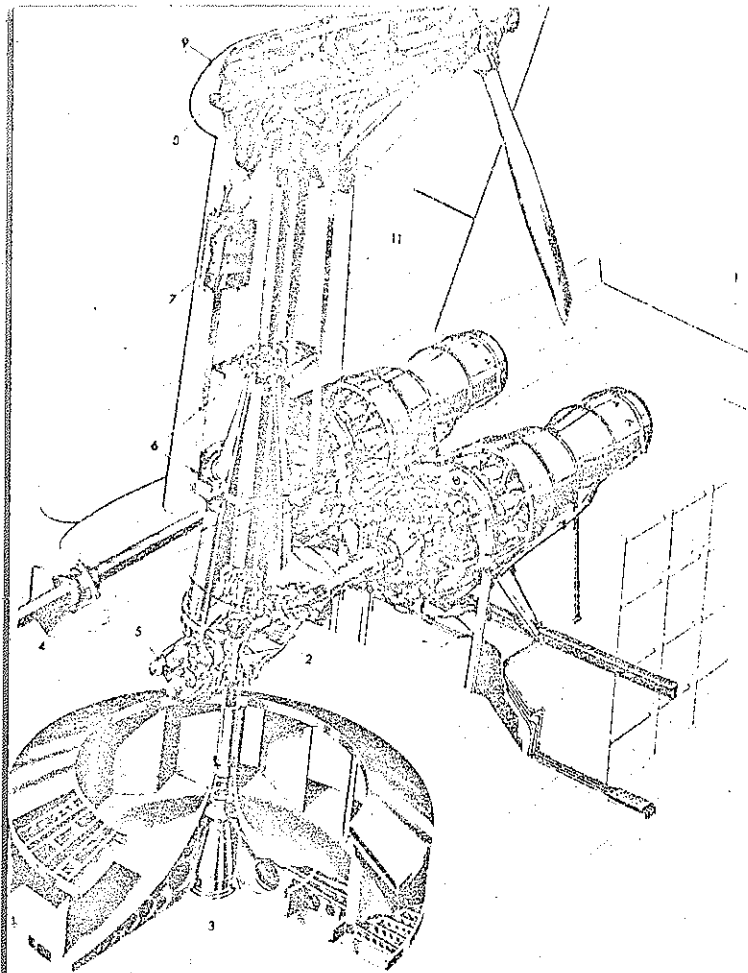
La manière dont les hélices aériennes sont placées assurent une très bonne manoeuvrabilité. Le seul inconvénient est que les turbines Proteus sont placées à l'arrière de l'appareil, ce qui conduit à utiliser des transmissions mécaniques de grande longueur.

Une version allongée du SR.N4 est prévue pour transporter 416 passagers et 60 véhicules. Sa mise en service aurait lieu en 1978.



"British Hovercraft Corporation SR.N4, classe "Mountbatten"

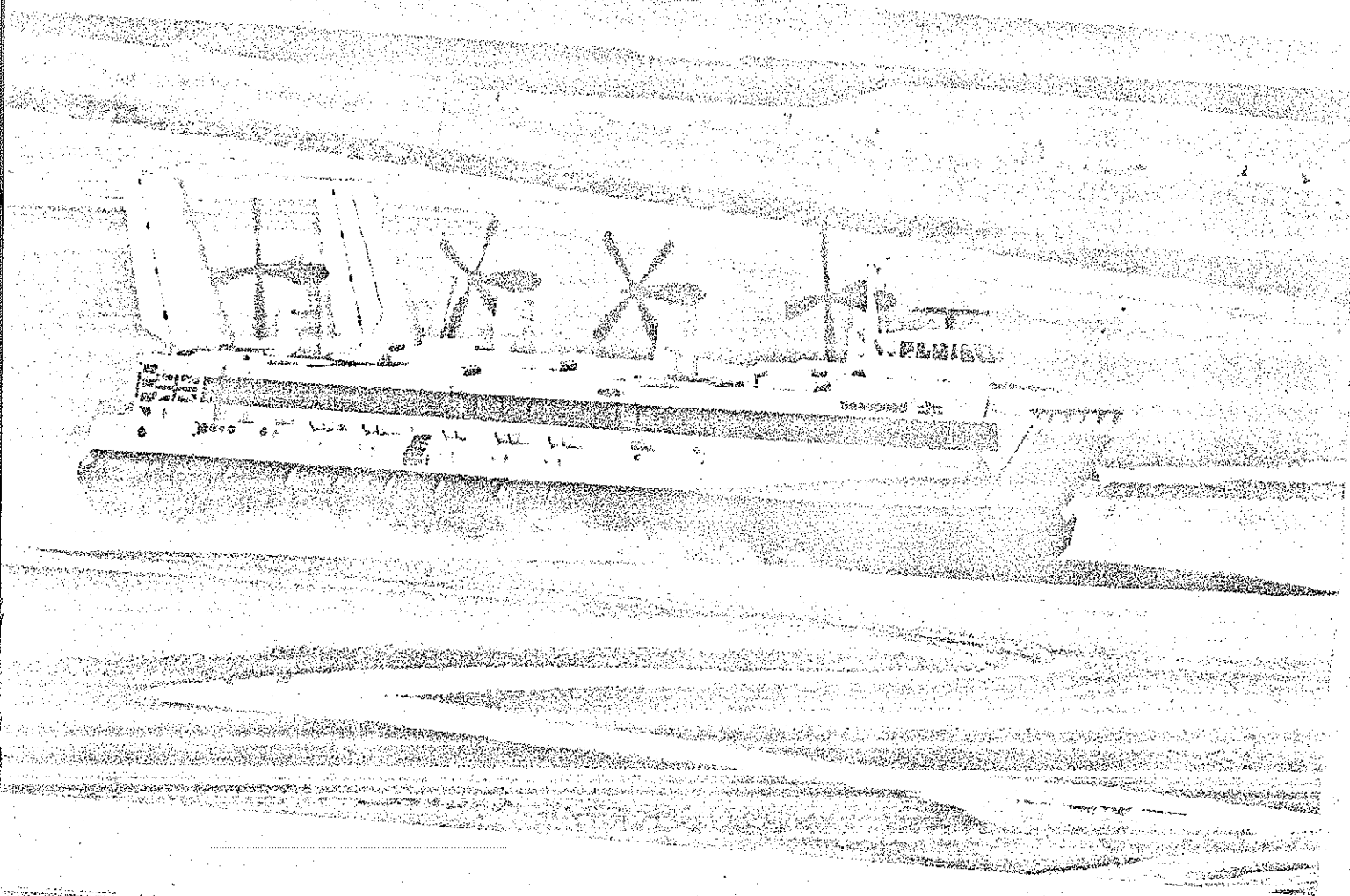




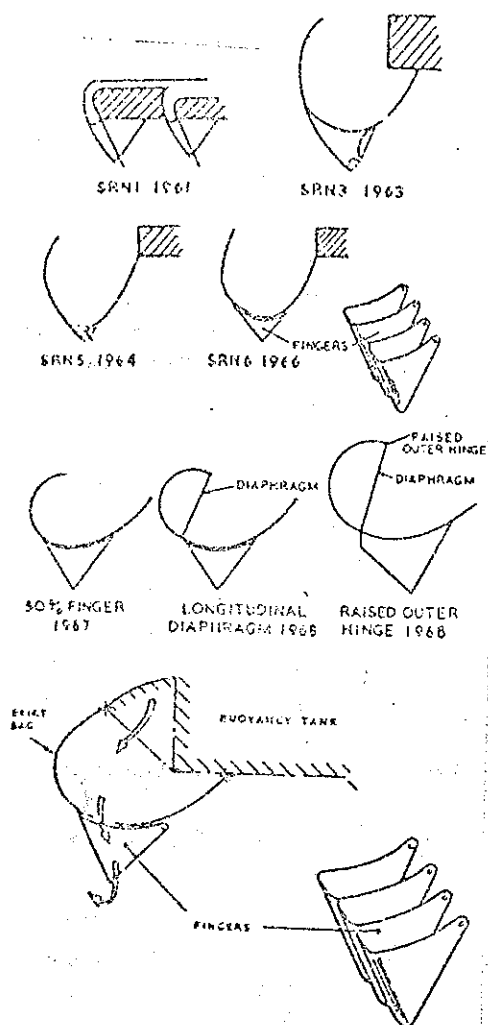
Système de propulsion et de sustentation du SR.N4

- 1 - turbines *Marine Proteus* (la turbine extérieure entraîne l'ensemble hélice/soufflante arrière, la turbine intérieure l'ensemble avant)
- 2 - réducteur No 1
- 3 - boîtier de la soufflante
- 4 - arbre entraînant l'ensemble hélice/soufflante avant
- 5 - entraînement des accessoires
- 6 - paliers du pylône
- 7 - carter d'huile (changement de pas et lubrification)
- 8 - entraînement des accessoires et mécanisme de changement de pas
- 9 - carénage de l'arbre porte-hélice
- 10 - réducteur No 2
- 11 - pylône

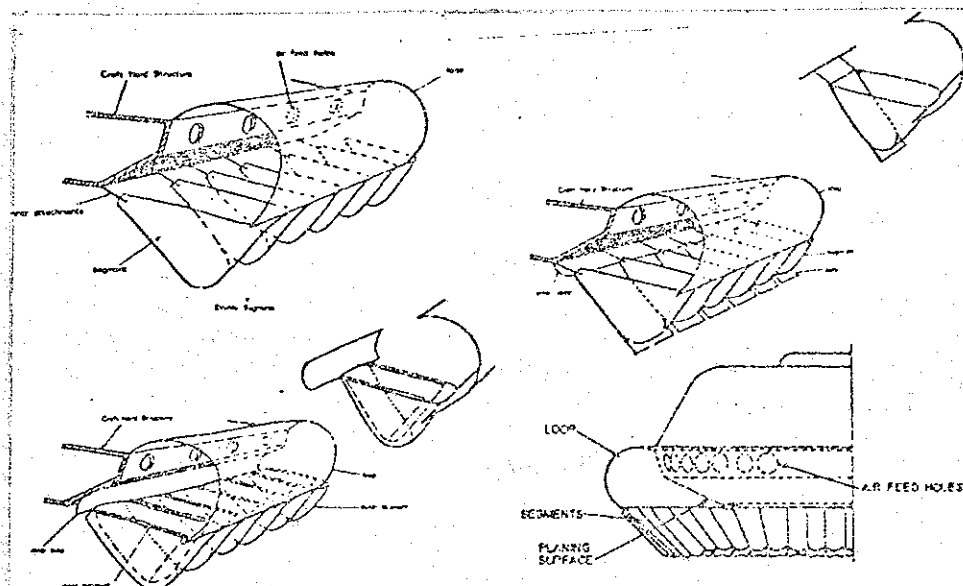
INTERAVIA 1/1967



DIFFERENTS TYPES DE JUPES DEVELOPPES PAR B.H.C.



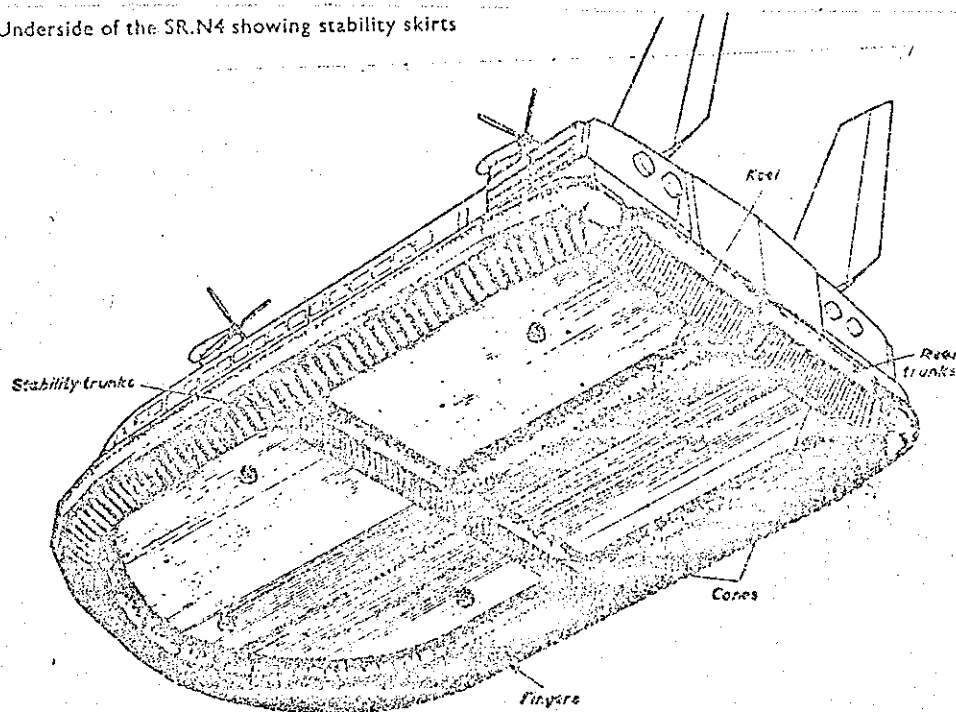
Types of finger skirts developed by British Hovercraft Corporation



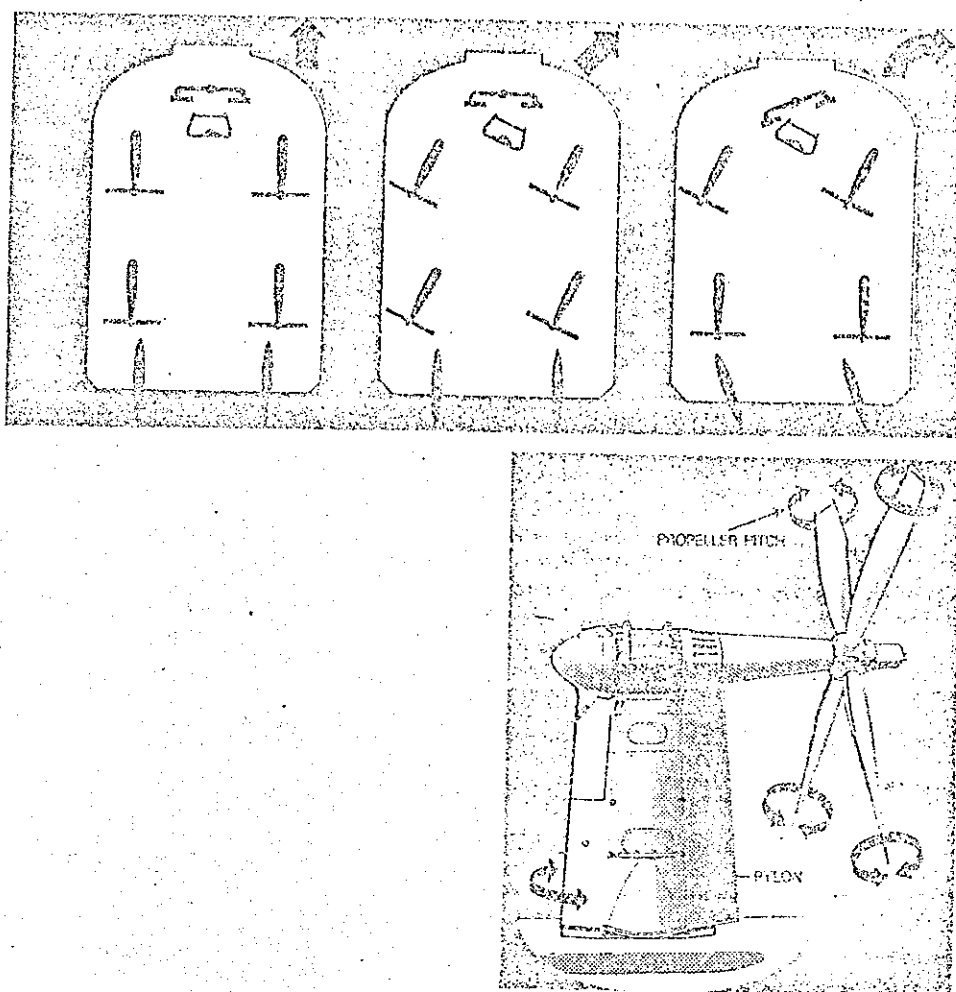
Segmented skirt developed by Hovercraft Development Ltd and employed on the HD.2. The separate segments occupy the full depth of the cushion between the hard structure and the supporting surface

SR.N4

Underside of the SR.N4 showing stability skirts



SR.N4



Propeller pitch on the SR.N4, i.e. the angle of the propeller blades in relation to the hub, is used to control the speed of the craft. In a state of zero pitch, the craft simply stands still as in the case of lift-off when the air cushion is being built up. However, by pushing the control wheel forward, positive pitch is induced to move the craft forward. Forward speed can then be varied by pulling the wheel back for slower speeds, or by pushing it forward for higher speeds. Negative pitch is applied to reverse the craft, as is sometimes necessary for manoeuvring at terminals, or for braking whilst in operation.

The pylons carrying the propellers, and the fins at the rear of the craft move through $\pm 35^\circ$ and $\pm 30^\circ$ respectively, to give directional control. Various combinations of pylon angle and fin may be achieved by use of the handwheel and rudder bar, to allow turns without drift or unnecessary manoeuvring in confined spaces. Operation of these controls is carried out in conjunction with the variation of propeller pitch. Examples of pylon/fin movement under normal cruise conditions are illustrated.

En France la Société d'Etude et de Développement des Aéroglisseurs Marins (SEDAM) a produit plusieurs appareils. Les deux premiers sont les N 300 et les N 102 (voir photos). Ces appareils devaient montrer la viabilité des techniques françaises de Jean Bertin. En Avril 1973 un protocole d'accord était signé entre l'Etat et la SEDAM pour le développement d'un appareil de plus gros tonnage, le N 500. Simultanément le département de la Gironde et la SNCF passaient chacun commande ferme d'un appareil.

En voici les caractéristiques principales :

- . Poids total 260 tonnes
- . Charge marchande 85 tonnes - 20 tonnes de carburant
- . Vitesse maximale sur eau calme 70 noeuds
- . Vitesse maximale sur houle de 2,50 m - 48 noeuds
- . Autonomie 5 heures

Propulsion : 3 turbines à gaz Avco Lycoming TF 40 entraînant chacune une hélice Hawker-Siddley de 21 pieds (quadripale, pas variable, tournant à 620 tr/mn).

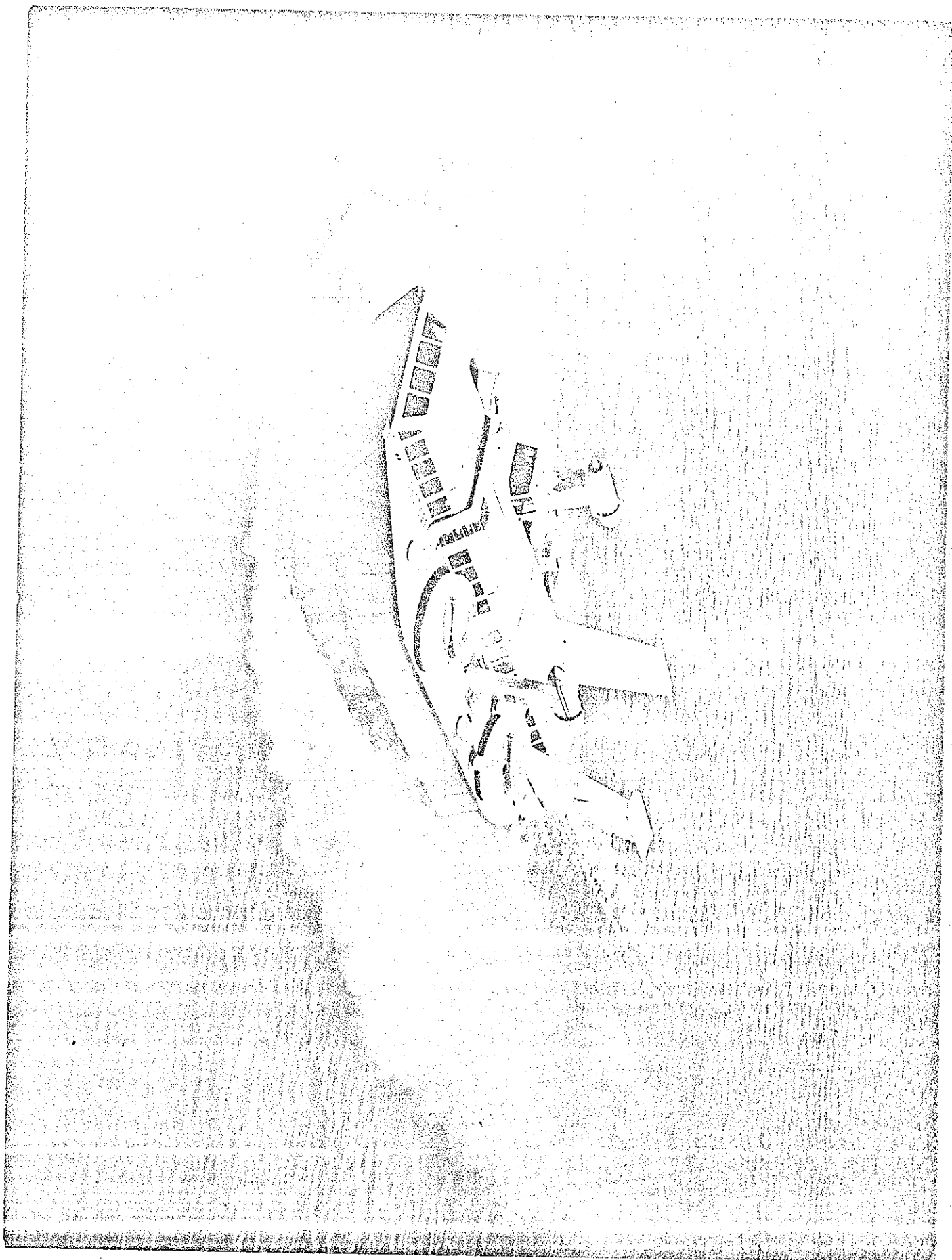
Sustentation : 2 turbines TF 40 entraînant chacune un ventilateur axial de 4 m de diamètre (13 pales, 900 tr/mn, pas fixe). Le débit nominal est de 860 m³/s.

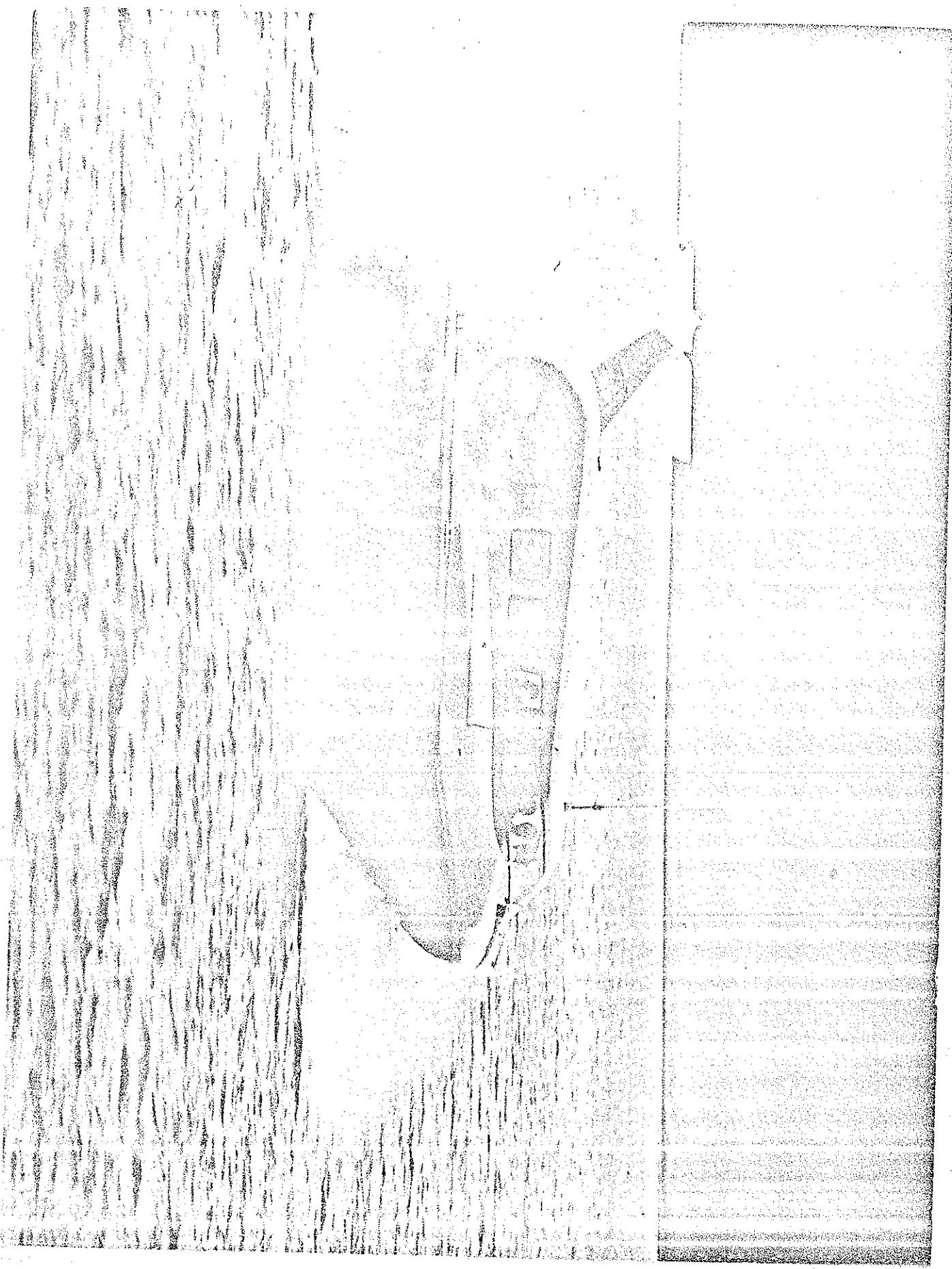
La turbine TF 40 développe 3.200 CV en puissance maximum continue et consomme environ 250 g/CV/h.

Dimensions longueur hors tout \approx 50 m
largeur hors tout \approx 23 m
hauteur totale au repos \approx 15 m
hauteurs des jupes 3,60 m à l'avant
2,50 m latéralement
surface portante \approx 840 m²
débit total d'air \approx 860 m³/s.

Le N 500 peut emporter 45 automobiles et 385 passagers. Les divers cas de chargement (ne devant pas excéder 85 tonnes) laissent la possibilité d'embarquer dans le couloir central de l'appareil 5 autocars.

Le premier N 500 devait entrer en service sur la Manche en 1977, mais il a malheureusement été détruit par un incendie sur le chantier de construction. Le deuxième appareil a commencé ses essais sur eau en Août 1977 et ira poursuivre ses essais d'évaluation sur la Manche avant la fin de l'année 1977.





SEDAM N500

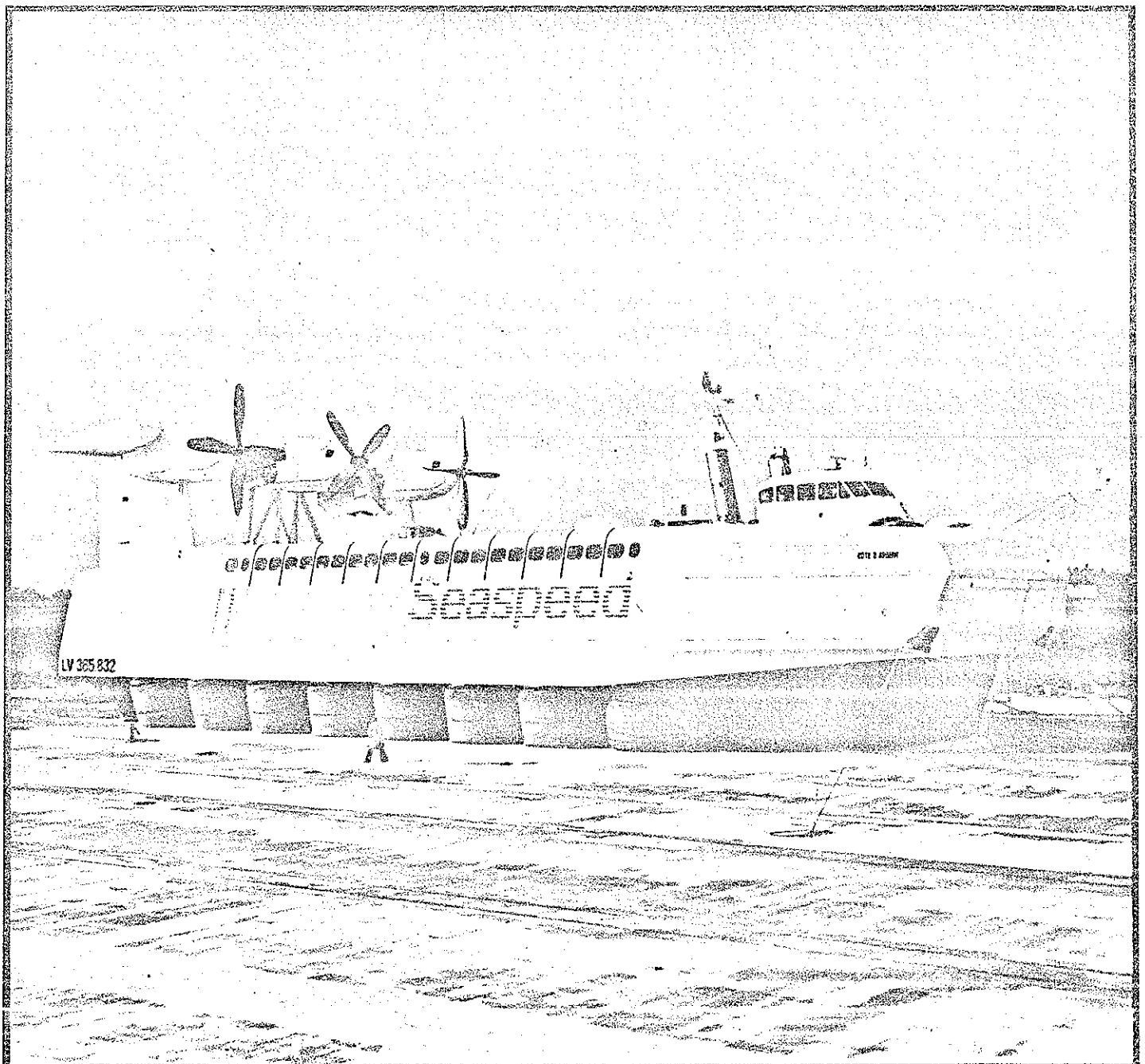
Dernier-né des aéroglisseurs de la SEDAM, le N 500 est un Naviplane de la deuxième génération.

Il a nécessité :

- 5 ans d'études
- 3 maquettes navigantes (échelles 1/9, 1/7, 1/2),
- 6 mois d'essais technologiques

IL EST LE PLUS GRAND ET LE PLUS RAPIDE AEROGLISEUR DU MONDE

LE NAVIPLANE EST EXPLOITE SUR LA MANCHE.



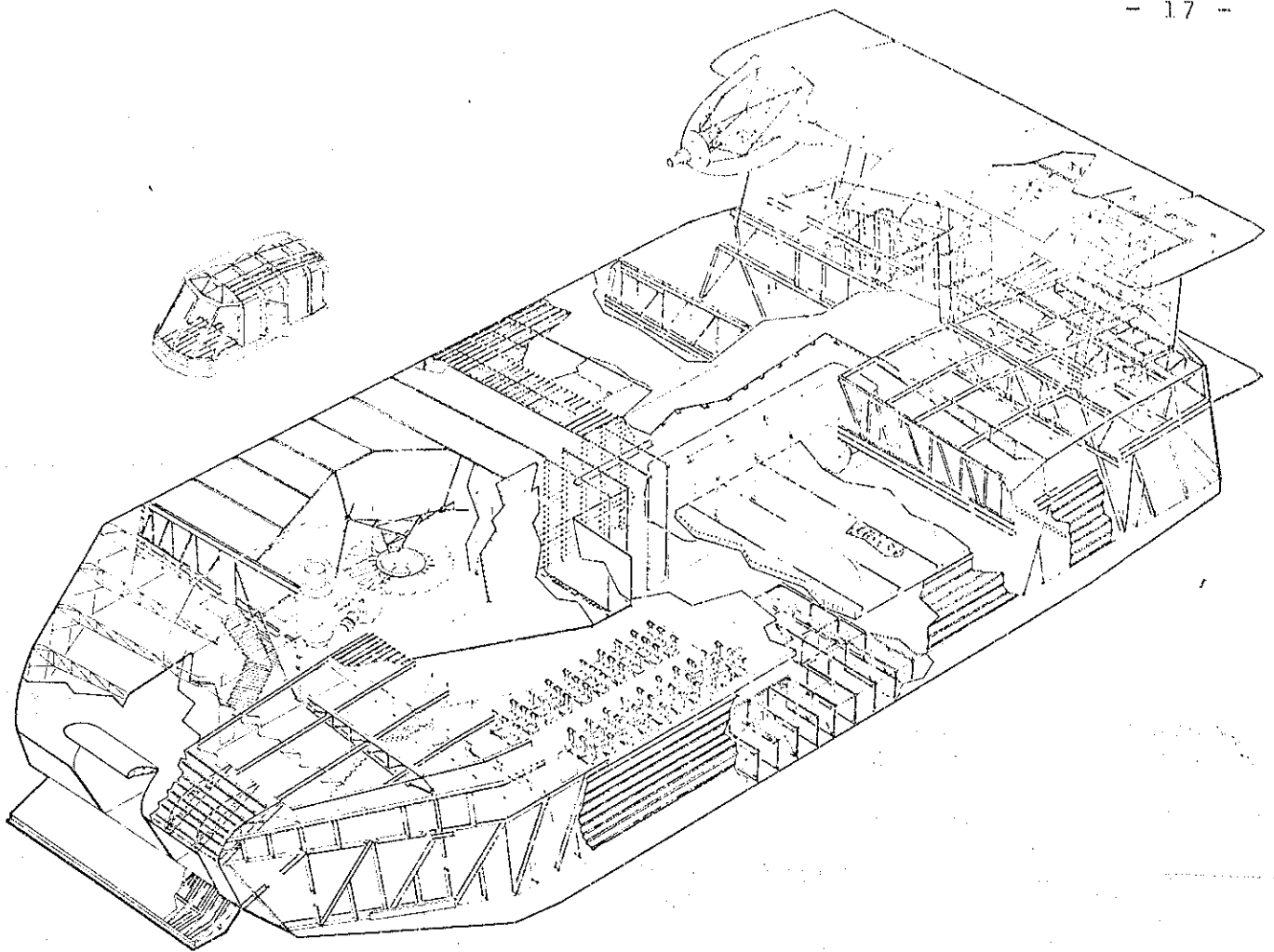


Fig 5. N 500 -- detail drawing

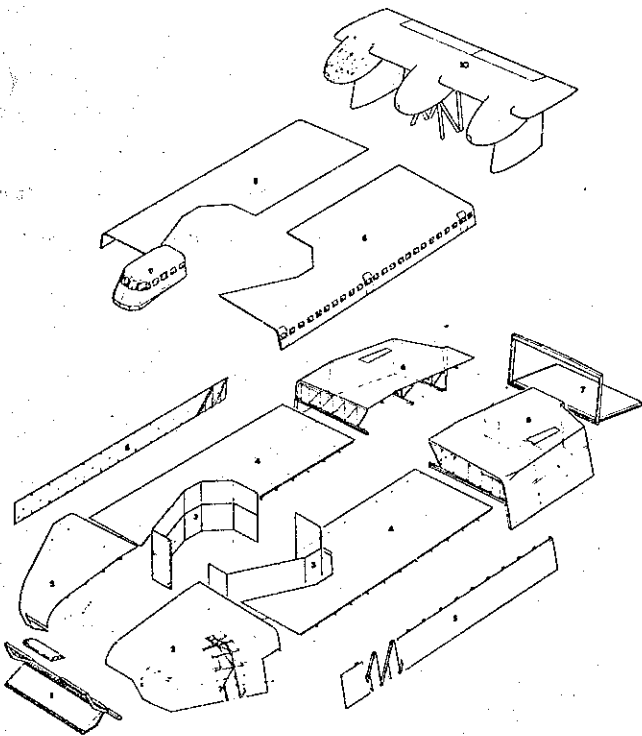


Fig 6. N 500 -- exploded view -- primary and secondary structures

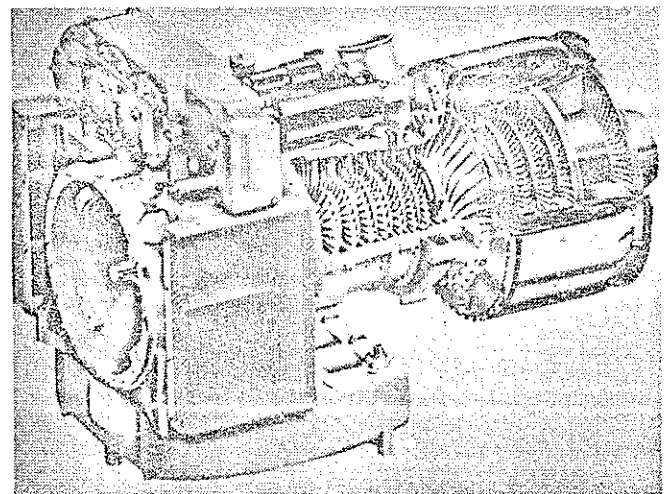
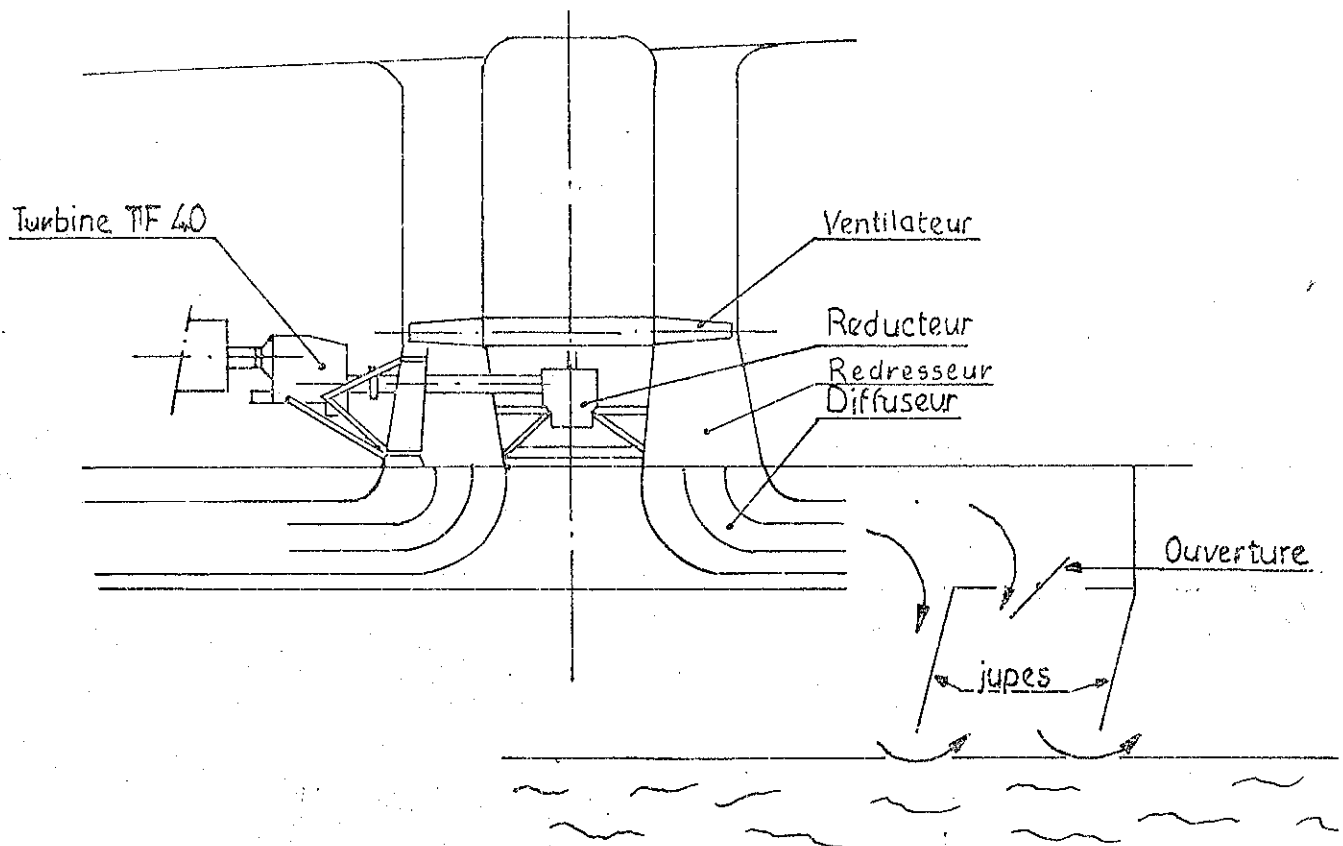


Fig 7. General view of TF 40

SCHEMA DE PRINCIPE DE LA SUSTENTATION



NAVIPLANE N 500

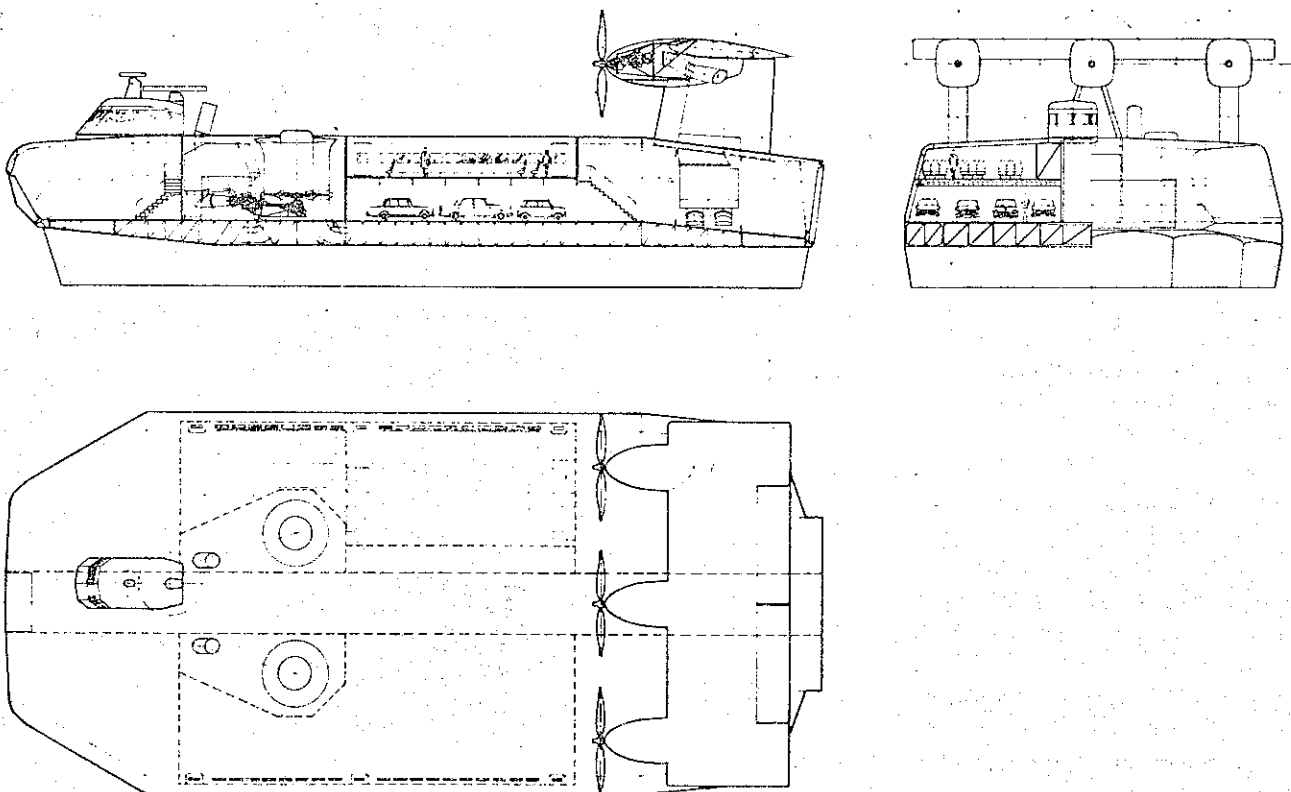
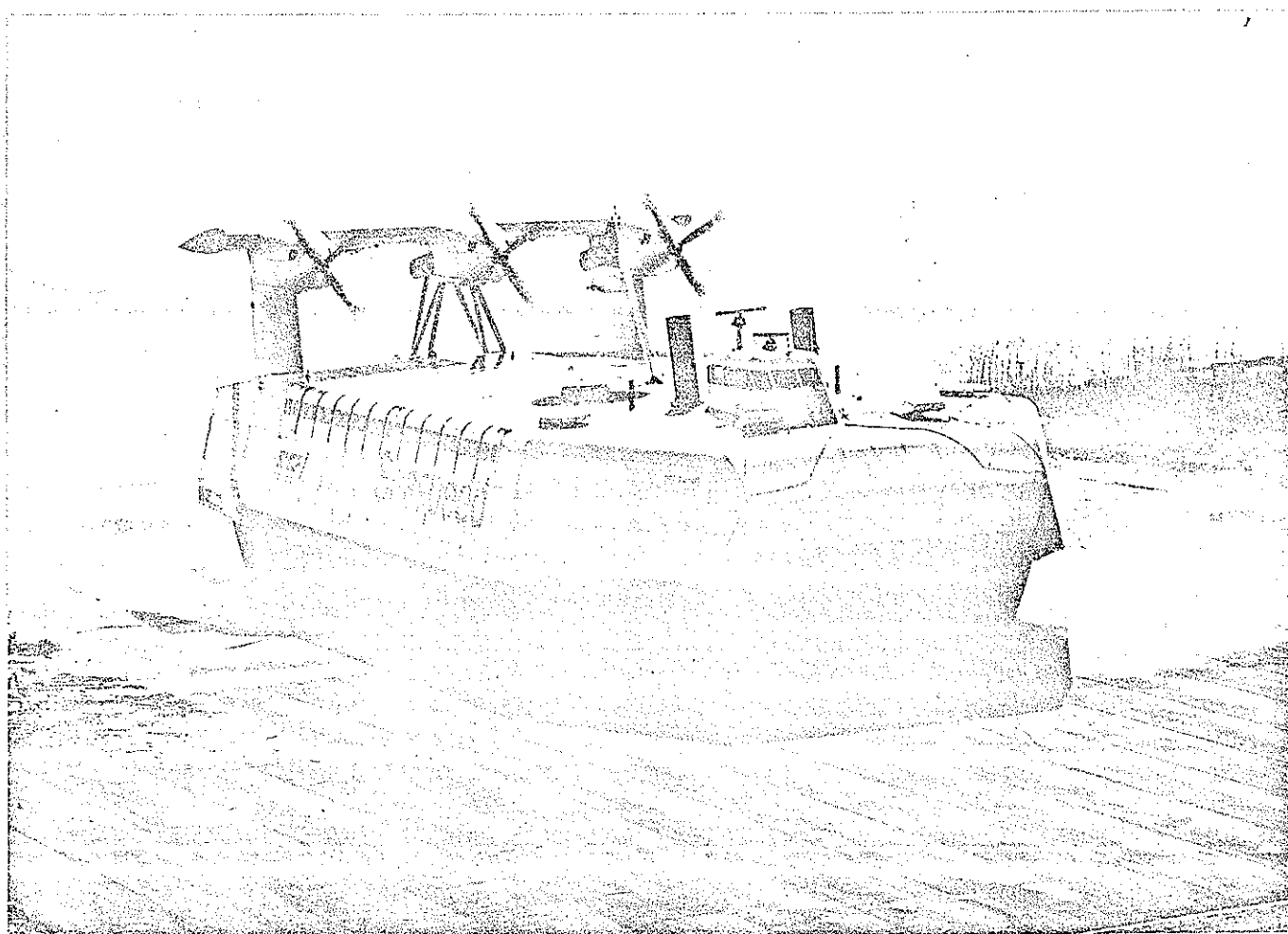


Fig 2 N 500 three-view general arrangement



$$F = \frac{\text{poids} \times \text{vitesse}}{\text{puissance totale}}$$

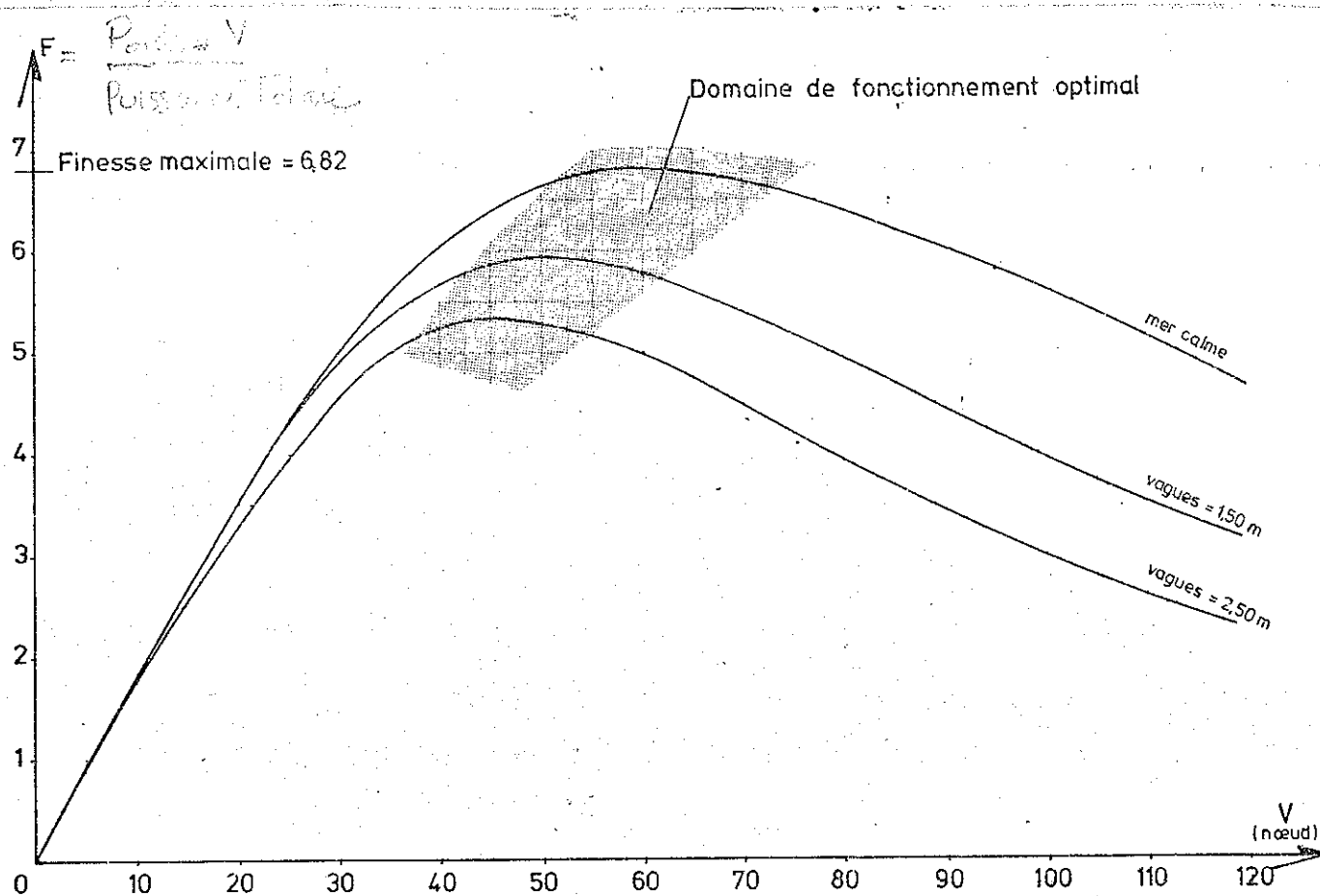


Fig 3. Efficiency curve or generalised lift/drag ratio of N 500 as a function of speed

2) - Navires à effet de surface à quille latérale

Comme l'aérogliasseur amphibie, ce type de navire est à sustentation aérostatique : le confinement du coussin est différent.

MAIS

Sur les côtés deux quilles immergées annulent les fuites d'air, mais augmentent beaucoup la résistance à l'avancement. A l'avant et à l'arrière le confinement est assuré par des éléments souples (figure 2).

Ces appareils ne sont plus amphibies, mais ils présentent par rapport aux aéroglisateurs marins classiques l'avantage d'une bien meilleure stabilité en lacet, c'est-à-dire une très bonne tenue de route, et demander une puissance de sustentation plus faible. Le mode de propulsion peut être soit des hélices aériennes ou marines soit des jets d'eau.

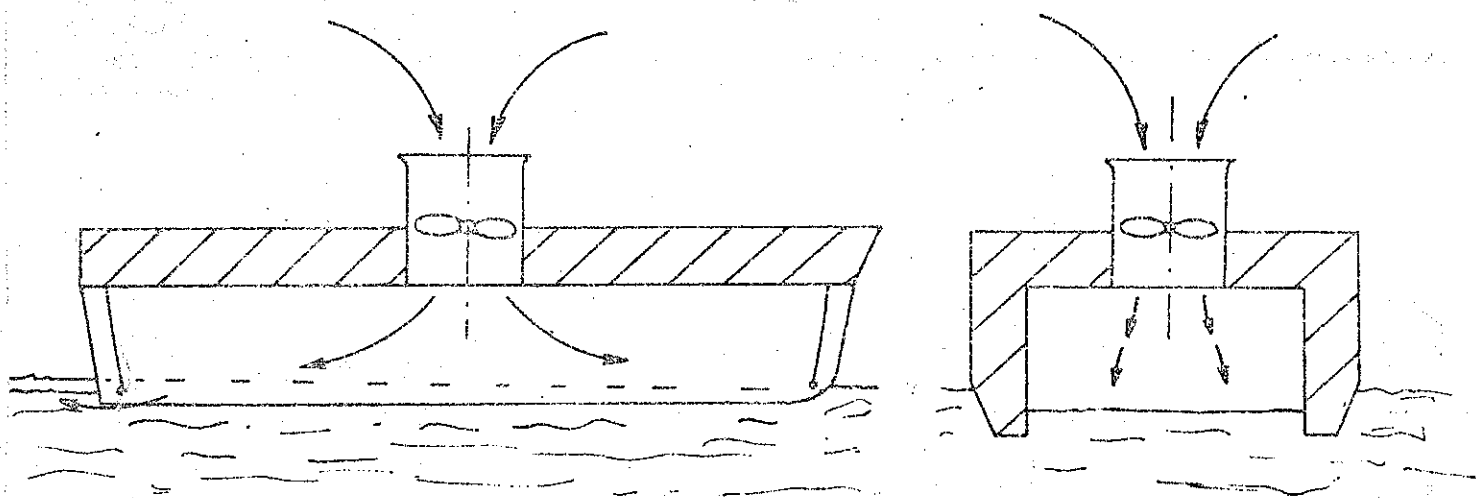
Les navires à effet de surface à quilles latérales semblent dans l'avenir devoir être capables de vitesse de 80 à 100 noeuds pour des tonnages excédant 2.000 tonnes. Mais il reste beaucoup de problèmes technologiques à résoudre. Les réalisations actuelles sont peu nombreuses ; les plus importantes sont les deux engins expérimentaux construits par les Etats-Unis pour étudier leur performances et leur comportement en mer, et pour comparer les diverses solutions techniques envisagées. Voici leurs caractéristiques principales :

" Surface Effect Ships "

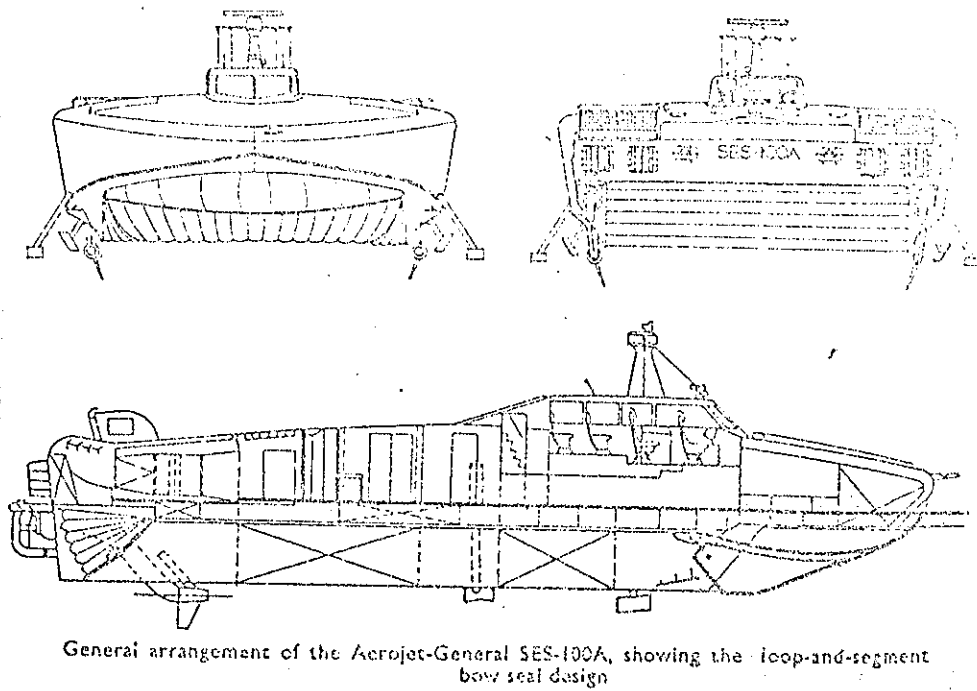
	SES 100 A (Aerojet General Corporation)	SES 100 B (Bell Aerospace)
Déplacement	100 tonnes	100 tonnes
Longueur H.T.	25 mètres	23,5 mètres
Largeur	12,8 mètres	10,7 mètres
Pression de sustentation	45,5 cm d'eau	47,9 cm d'eau
Propulsion	jets d'eau 4 AMco Lycoming TF 35 (3500 CV)	hélices semi-immersées 3 turbines marinisées Pratt et Whitney FT12A6
Sustentation	intégration de la propulsion et de la sustentation soufflantes axiales	indépendante de la propulsion soufflantes centrifuges
Quilles latérales	minces	épaisses
Vitesse	≈ 80 noeuds par mer calme	≈ 80 noeuds par mer calme

Ces engins construits à la demande de l'US NAVY doivent lui permettre de définir des programmes futurs, le développement actuel de ces engins est surtout axé sur les applications militaires.

FIGURE 2

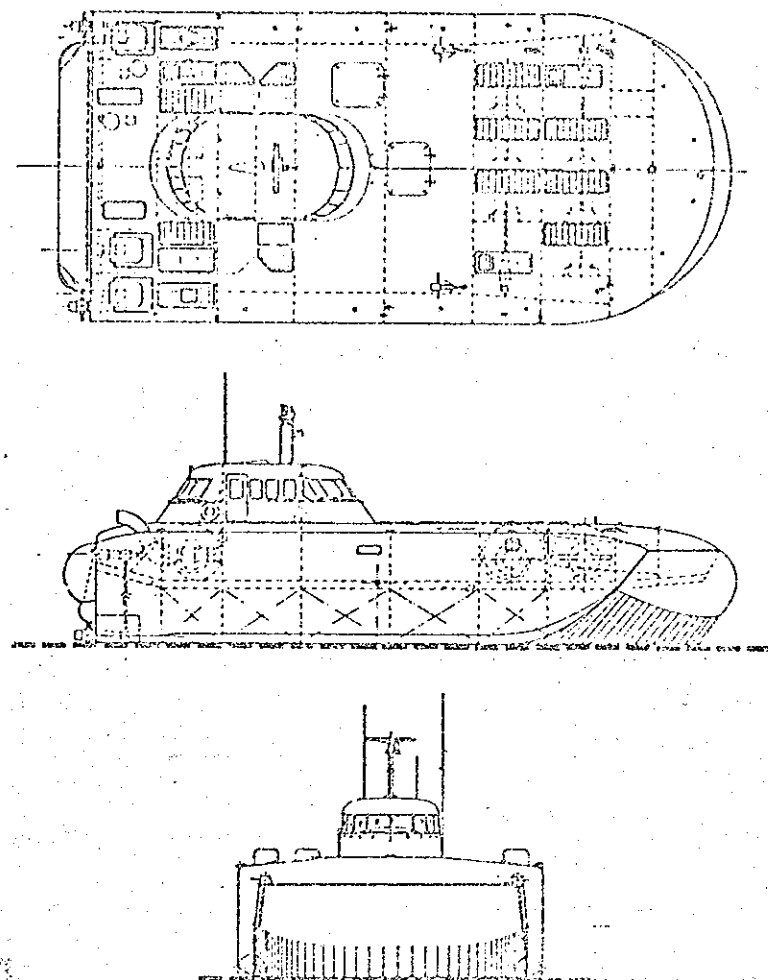


SES 100 A



AIR CUSHION VEHICLES 101
United States

SES 100 B



3) - Hydroptères

Les hydroptères sont des navires à sustentation hydrodynamique assurée par des plans porteurs (ou ailes) immergés. Alors que sur les navires classiques, l'équation de portance est une relation poids-volume, sur l'hydroptère la relation à satisfaire fait intervenir un poids, une surface et une vitesse. C'est de cette différence que proviennent les problèmes techniques propres aux hydroptères.

- La surface des ailes doit être assez faible et en tout cas plus faible que la surface mouillée du navire équivalent pour pouvoir profiter d'une réduction de la traînée de frottement ; cela conduit à des charges claires importantes (plusieurs tonnes par m²). A ces charges élevées correspondent des dépressions élevées et des risques de cavitation sur l'extrados de l'aile.
- Les profils qui permettent de réduire ces risques de cavitation sont des profils minces. Il faut donc éviter des couplages entre les efforts hydrodynamiques et les déformations élastiques de l'aile dues à sa minceur.
- La coque est supportée en vol par des jambes contrairement à un navire classique où la pression est répartie. L'hydroptère doit satisfaire à ces deux impératifs.

Tous ces problèmes conduisent à adopter des constructions aussi légères que possible, et ainsi on préférera souvent les turbines à gaz aux diesels pour la propulsion.

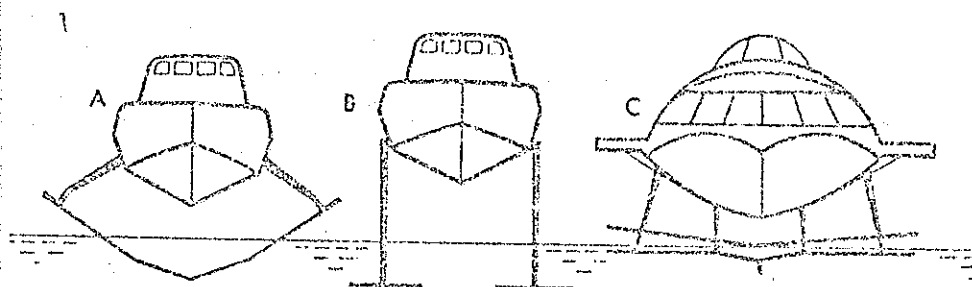
Dans l'ensemble des réalisations actuelles on peut définir deux sortes d'hydroptères :

Hydroptères de la première génération (figure 3a)

Leur sustentation est assurée par des ailes hydrodynamiques partiellement immergées, qui percent la surface grâce à leur géométrie en V. Cette disposition des plans porteurs confère à l'hydroptère de première génération une stabilité naturelle en roulis et tonnage. Par contre la stabilité de plateforme indispensable pour le confort des passagers, ou pour l'implantation de systèmes d'armes modernes (Missiles) se détériore dès que la mer est formée, car la portance des ailes est liée à leur surface immergée qui varie avec l'état de la mer.

Ces navires sont donc utilisables pour des trajets où la mer n'est pas trop forte (eaux calmes ou courtes distances si la couverture météo est moyenne). Un avantage propre aux hydroptères est qu'ils peuvent redevenir en cas de grosse mer un bateau à coque classique en diminuant la vitesse.

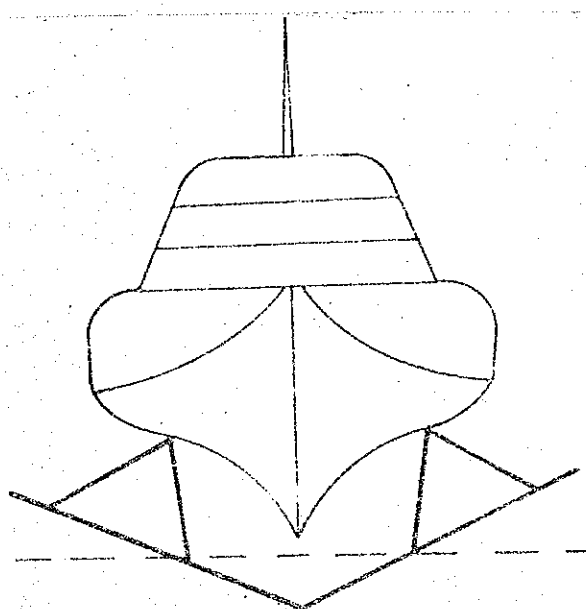
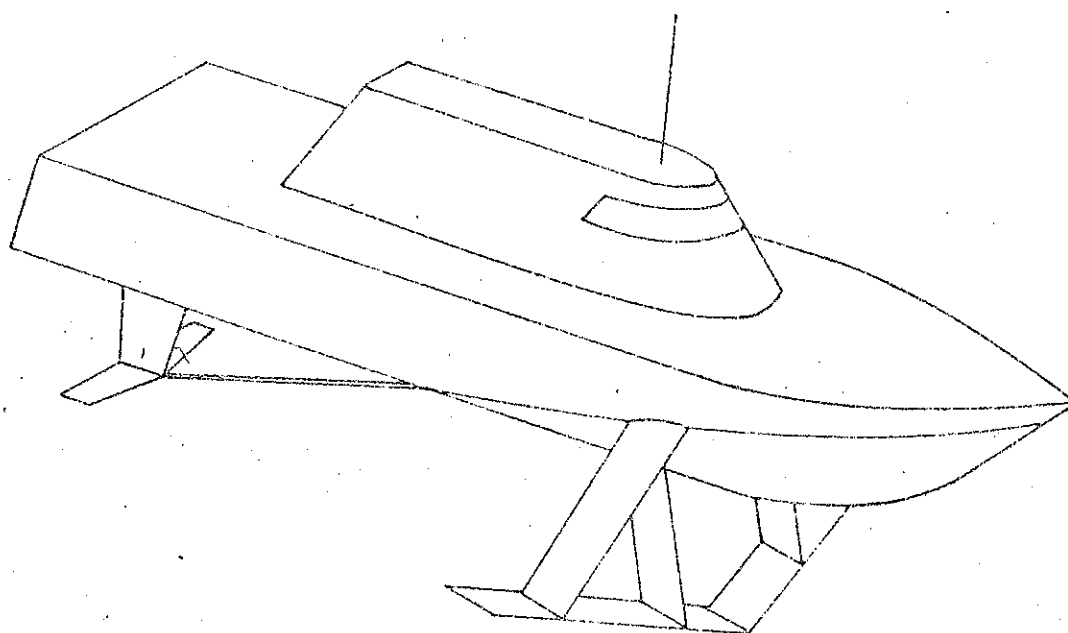
GLOSSARY 407



Foil systems in current use. A surface piercing; B submerged and C shallow draught submerged

FIGURE 3a

HYDROPTERE DE 1ère GENERATION



Parmi les hydroptères de première génération il faut citer les "SUPRAMAR" (voir tableau ci-dessous) et les engins soviétiques, tous civils, puis l'hydroptère militaire canadien "Bras d'or" destiné à la lutte antisous-marine.

HYDROPTERES SUPRAMAR (S.O. 1554) : "BRAS D'OR"

Type	PT 20	PT 50	PT 150	FHE 400
Longueur hors-tout (m)	20,75	27,90	37,46	45,90
Largeur hors-tout (m)	8,07	10,65	13,00	20,00
Masse totale pleine charge (t)	31,00	63,50	150,00	215,00
Puissance maximale (ch)	1350	2700	6880	30 000
Vitesse à puissance max. (nœuds)	34	34	39	60 (mer calme) 50 (mer agitée)
Distance franchissable (m. nautiques)	216	300	300	
Capacité (nombre de passagers)	70-76	105-140	250	
Tirant d'eau sur coque (m)	3,08	3,50	5,50	7,16

HYDROPTERES SOVIETIQUES

Type	Raketa	Kometa	Sputnik
Longueur hors-tout (m)	26,96	35,20	47,90
Largeur hors-tout (m)	5,00	9,60	9,00
Masse totale pleine charge (t)	25	56	117
Puissance maximale (ch)	850	1800	3400
Vitesse de croisière (nœuds)	32	32	41
Capacité (nombre de passagers)	64	100	300

Le PT 150 présente des améliorations sensibles au concept de base.

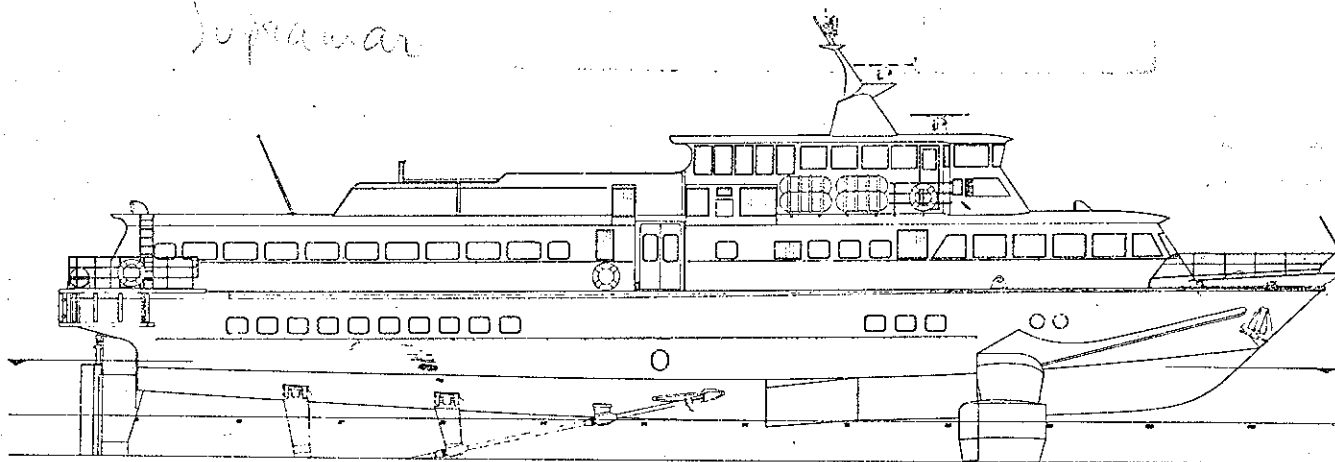
L'aile AR qui porte environ 40 % du poids du véhicule est entièrement immergée. L'angle d'attaque peut être réglé à volonté par des vérins hydrauliques et la portance de l'aile est contrôlée automatiquement par des jets d'air judicieusement disposés sur l'extrados.

L'aile AV reste du type "à plans émergents" mais comporte des volets de bord de fuite permettant :

- une plus grande latitude de centrage de la charge utile
- une hypersustentation au décollage
- un réglage de la hauteur de vol et par là-même, compte-tenu de la géométrie de l'aile, un réglage de la raideur en assiette et en pilonnement.

La partie centrale de l'aile AV est munie du même dispositif de réglage de la portance que l'aile AR.

Le PT 150 transporte 250 passagers dans des mers formées au voisinage des côtes. Le premier exemplaire est sorti d'usine en 1968.



PTS 150 MK III

The world's largest seagoing passenger hydrofoil vessel for 250 passengers equipped with the Supramar Stabilization System, providing high passenger comfort under all operating conditions.

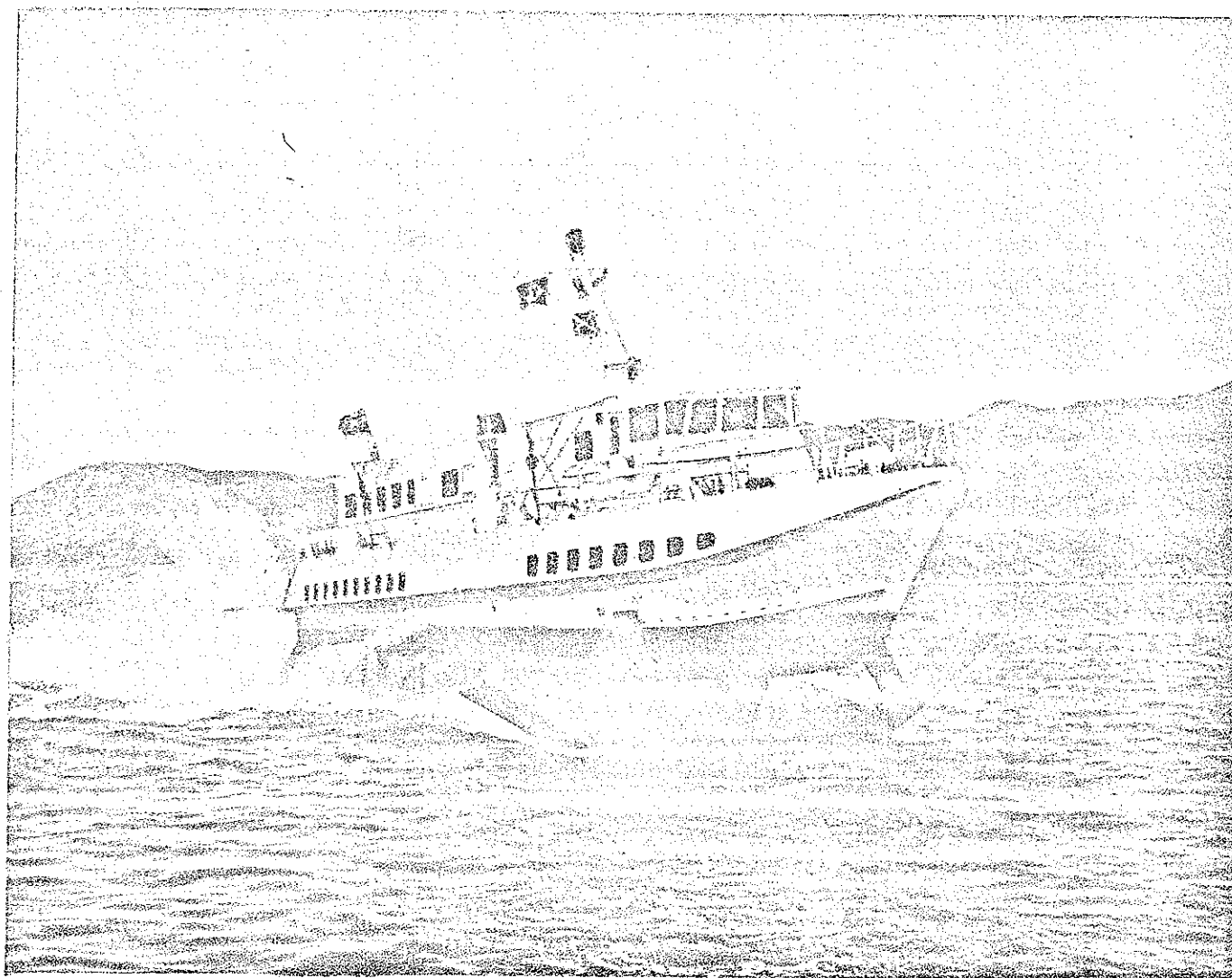
Main Particulars:

Length over all	37.90 m	Displacement loaded	165.00 t
Beam max.	7.50 m	Disposable load	33.00 t
Width over foils	16.00 m	Passenger capacity	250
Draught hullborne	5.40 m	Speed cruising	36 kt.
Draught foilborne	2.60 m	Range	200 n.m.

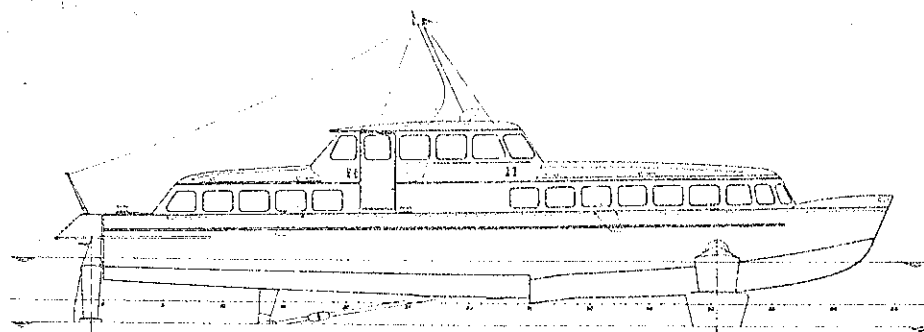
The hull is a combined riveted and welded seawater resistant light metal alloy construction. The foils are made of high tensile structural steel. The propulsion system comprises two MTU MD 20 V 538 four stroke diesels driving two propellers over torque converter, V-drive, reverse reduction gears and inclined propeller shafts. Each engine develops 3,265 PS continuous and 3,565 PS max. intermittent. The spacious passenger compartments, service compartments and the bridge are air-conditioned. Catering facilities are provided. The vessel complies fully with the SOLAS regulations and carries a very comprehensive nautical equipment. It is classed by DET NORSKE VERITAS.

SUPRAMAR PTS 75 Mk III

17



The latest newbuilding of the new stabilised Supramar PTS 75 Mk III series here shown under yard trials at Djunk Bay near Hong Kong



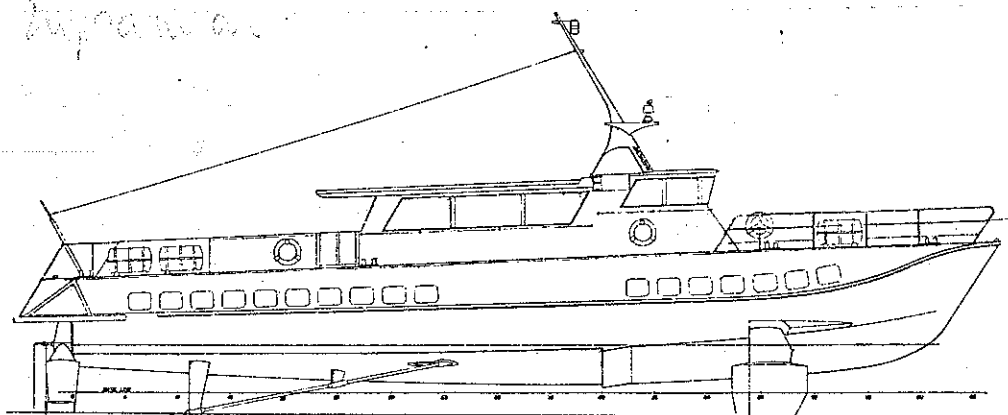
PT 20 MK II

Hydrofoil vessel for operation in coastal and sheltered waters and for inland lakes. It differs from the PT 20B MK II in the subdivision and the 74 passengers are accommodated in three instead of two compartments.

Main Particulars:

Length over all	20.75 m	Displacement loaded	33.00 t
Beam max.	4.99 m	Disposable load	8.40 t
Width over foils	8.07 m	Passenger capacity	74
Draught hullborne	3.08 m	Speed cruising	33 kt.
Draught foilborne	1.40 m	Range	250 n.m.

The hull is fully riveted and constructed in seawater resistant light metal alloy. The foils are made of structural steel. The single engine is an MTU 12 V 493, 12 cyl. four stroke diesel driving the single propeller over a V-drive and the inclined shaft, and has 1,100 PS continuous and 1,350 PS max. intermittent output. The craft complies with the international safety standards for operation in sheltered waters and is classed by the major classification societies.



PT 50 MK II

Hydrofoil vessel for coastal operation with excellent seakeeping capabilities, and a capacity of up to 136 passengers for the short haul commuter version.

Main Particulars:

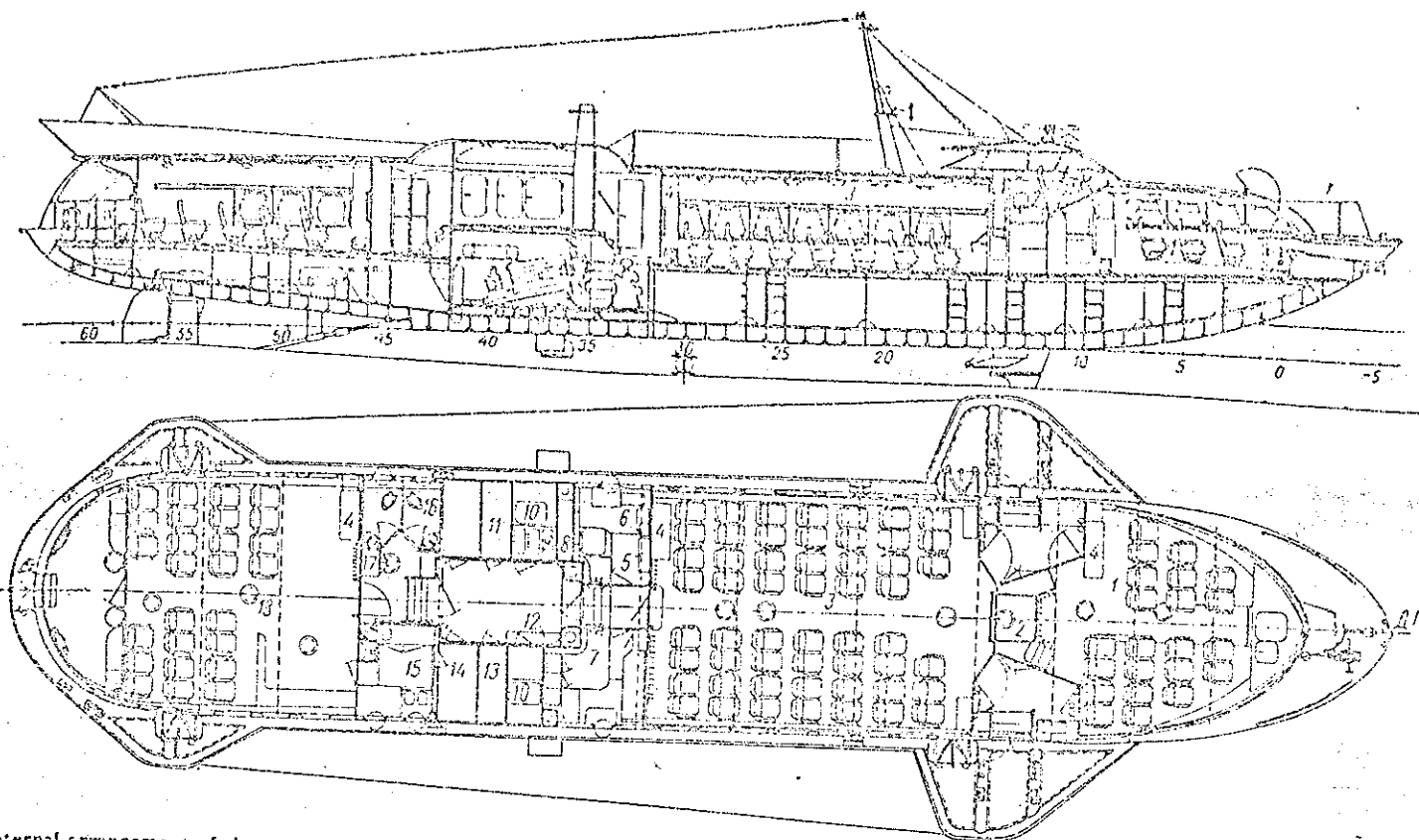
Length over all	27.75 m	Displacement loaded	64.00 t
Beam max.	5.84 m	Disposable load	14.00 t
Width over foils	10.80 m	Passenger capacity	122-136
Draught hullborne	3.55 m	Speed cruising	34 kt.
Draught foilborne	1.55 m	Range	275 n.m.

The hull is a fully riveted seawater resistant light metal alloy construction. Foils are made of structural steel. The vessel is fitted with a SUPRAMAR Roll Stabilization. Main propulsion consists of two MTU 331 type 12 cyl., four stroke diesel engines with 1,100 PS continuous and 1,300 PS max. intermittent output each driving two propellers over twin inclined propeller shafts. Passenger compartments and bridge are air-conditioned. The craft complies with SOLAS regulations for hydrofoil vessels and is classed by the major classification societies.

HYDROPTERES DE 1ère GENERATION

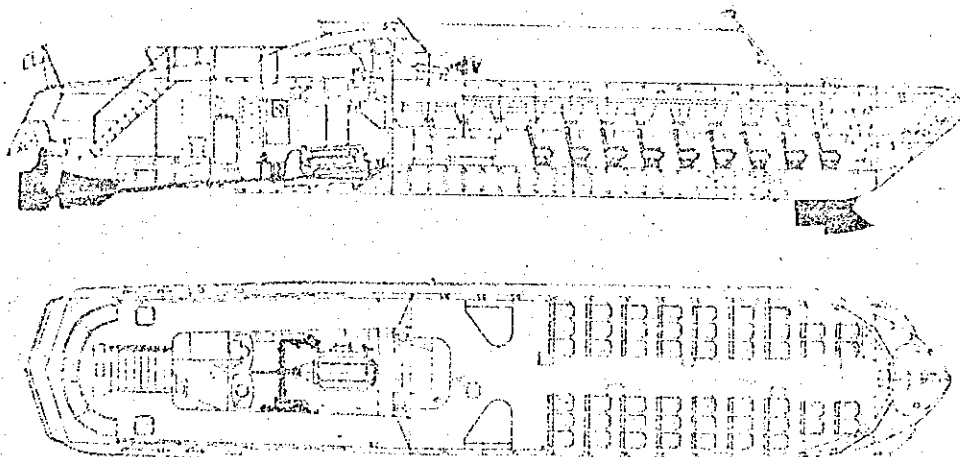
DE L'URSS

HYDROFOILS 297
USSR



Internal arrangement of the current production Kometa-M, designed for tropical operation. 1, 22-seat forward passenger saloon; 2, wheelhouse; 3, 24-seat main passenger saloon; 4, control position; 5, duty cabin; 6, liquid fire extinguisher bay; 7, battery room; 8, engine room; 9, boiler room; 10, installation point for portable radio; 11, store; 12, provision store; 13, bar; 14, W/C/washbasin units; 15, boatswain's store; 16, 26-seat aft passenger saloon

HYDROFOILS 303
USSR



Inboard profile and plan view of the standard 50-seat Raketa. On short-range commuter services, additional passengers are seated around the promenade deck aft, and others are permitted to stand. The high density traffic version accommodates up to 100 passengers.

. Hydroptères de seconde génération (figure 3b)

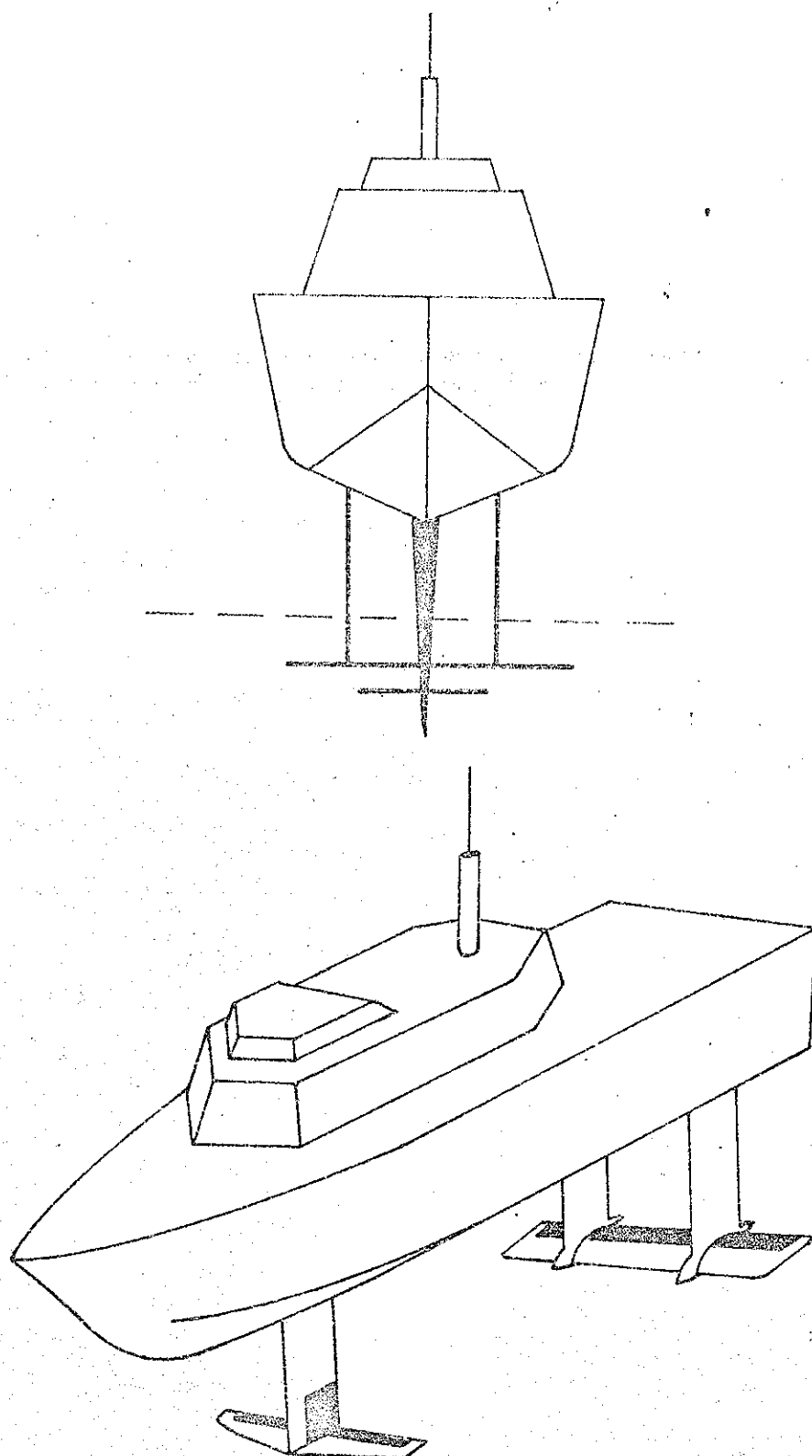
Pour s'affranchir de cette limitation d'emploi par mer forte la portance est assurée par des plans totalement immergés, ce qui nécessite pour avoir une bonne stabilité en roulis et en tonnage un pilotage automatique de l'incidence des ailes.

Actuellement les buts visés pour les hydroptères de 2ème génération sont les suivants :

- Accroître le confort : quand l'état de la mer est compatible avec les dimensions de l'appareil on peut par le pilotage automatique annuler théoriquement tous les inconvénients de plateforme. En pratique des accélérations de 0,05 g sont obtenues dans ce mode de pilotage dit de tenue.
- Accroître les capacités tous temps des hydroptères : dès que l'état de la mer ne permet plus le pilotage de "tenue" on peut en modifiant le mode de pilotage automatique continuer à voler en contournant partiellement la houle.
- Accroissement de la vitesse et du tonnage. Actuellement (voir tableau) avec des profils d'ailes sub-cavitants on peut atteindre 50 à 60 noeuds. La mise au point de profils super-cavitants permettrait d'envisager des vitesses d'environ 80 noeuds.

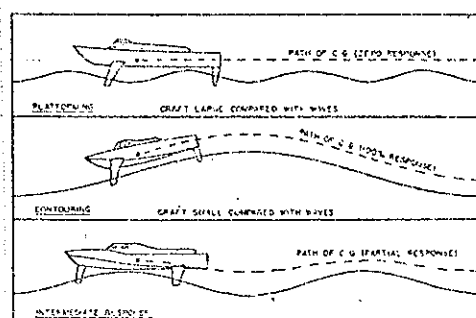
Voici deux tableaux donnant les caractéristiques principales des hydroptères de 1ère et 2ème génération expérimentaux, sans oublier l'hydroptère expérimental français H 890 construit par la SNIAS. Cet engin de 4,5 tonnes (longueur hors tout 10,66 m - largeur 3,9 m) a atteint 50 noeuds, et peut franchir sans contournement des vagues de 80 centimètres.

FIGURE 3b
HYDROPTERES DE SECONDE GENERATION



TRAJECTOIRES DU CENTRE DE GRAVITE

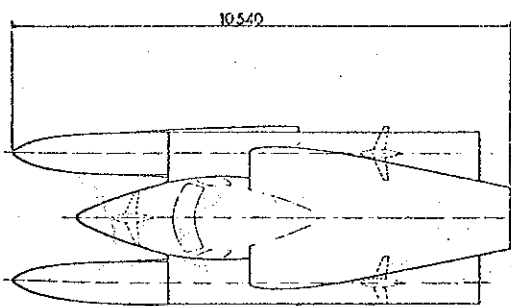
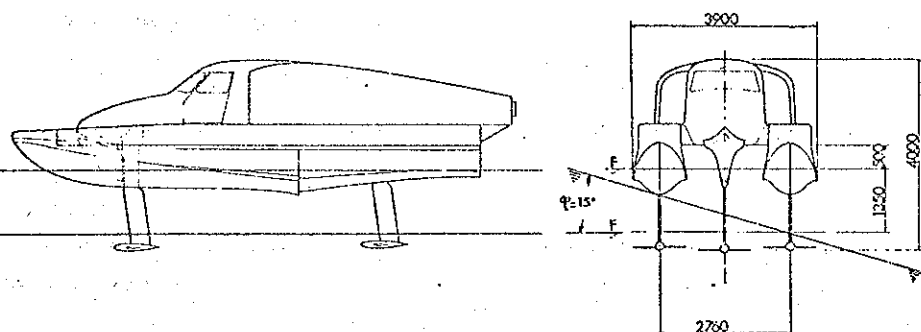
DIVERS MODES DE PILOTAGE



Comparison of platforming and contouring modes, and the intermediate response of a craft equipped with fully submerged, automatically controlled foil system

Désignation	Supramar PT 20	Supramar PT 150	AG (EH) Plainview
Type	plans porteurs émergents	plans porteurs mixtes	plans porteurs immergés
Masse totale en charge	32 t	165 t	320 t
Masse à vide équipé	25 t	133 t	-----
Charge utile	7 t	32 t	-----
Charge marchande ou militaire	5,4 t	23 t	-----
Longueur hors tout (coque)	20,75 m	37,50 m	64,6 m
Largeur hors tout (coque)	4,99 m	7,50 m	12,2 m
Motorisation(en vol)	1 Diésel Maybach Mercedes Benz MB 820 db	2 Diésel Maybach Mercedes Benz MD 1081	2 turbines General Electric LM 1500
Puissance max. continue	1350 ch	2 x 3400 ch	2 x 14000 ch
Vitesse nominale	34 noeuds	36 noeuds	50 noeuds
Distance maximale franchissable	216 milles marins	300 milles marins	-----

H 890 SNIAS



H. 890

VERSION "CANARD"

L'hydroptère H.890 a 10,66 m de longueur hors tout, et 4,15 m de largeur. Chaque plan porteur a une surface de 0,20 m², et une profondeur moyenne de 0,20 m. La masse totale étant de 4,5 tonnes, chaque plan porte donc 1,5 tonne, la charge alaire moyenne étant de 7,5 tonnes au m². La corde moyenne des jambes est de 9,40 m.

En « vol », les plans sont immergés de 0,30 m et la hauteur de vague franchissable est de 0,80 m. A 50 nœuds, la consommation horaire est de 1050 kg de carburant.

Le devis de poids des principaux éléments du H.890 est le suivant : flotteurs, 840 kg ; châssis, 750 kg ; abris de navigation équipé, 120 kg ; ensembles porteurs, 430 kg ; pilote automatique et équipements électriques, 300 kg ; propulsion en vol, 430 kg, etc. Le déplacement en charge complète, atteint 4 550 kg avec 400 kg de carburant.

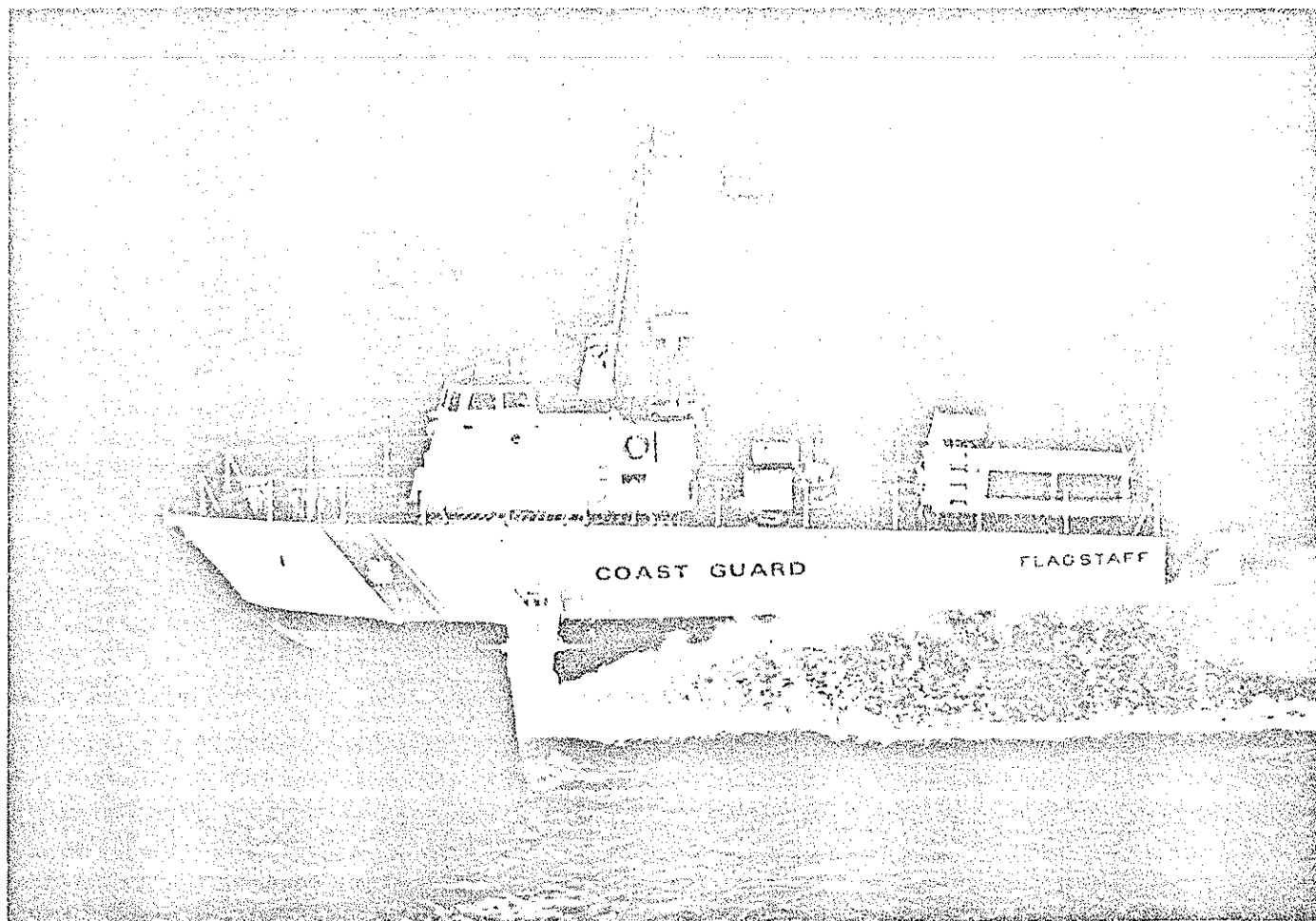


Fig 1 FLAGSTAFF underway in US Coast Guard operations.

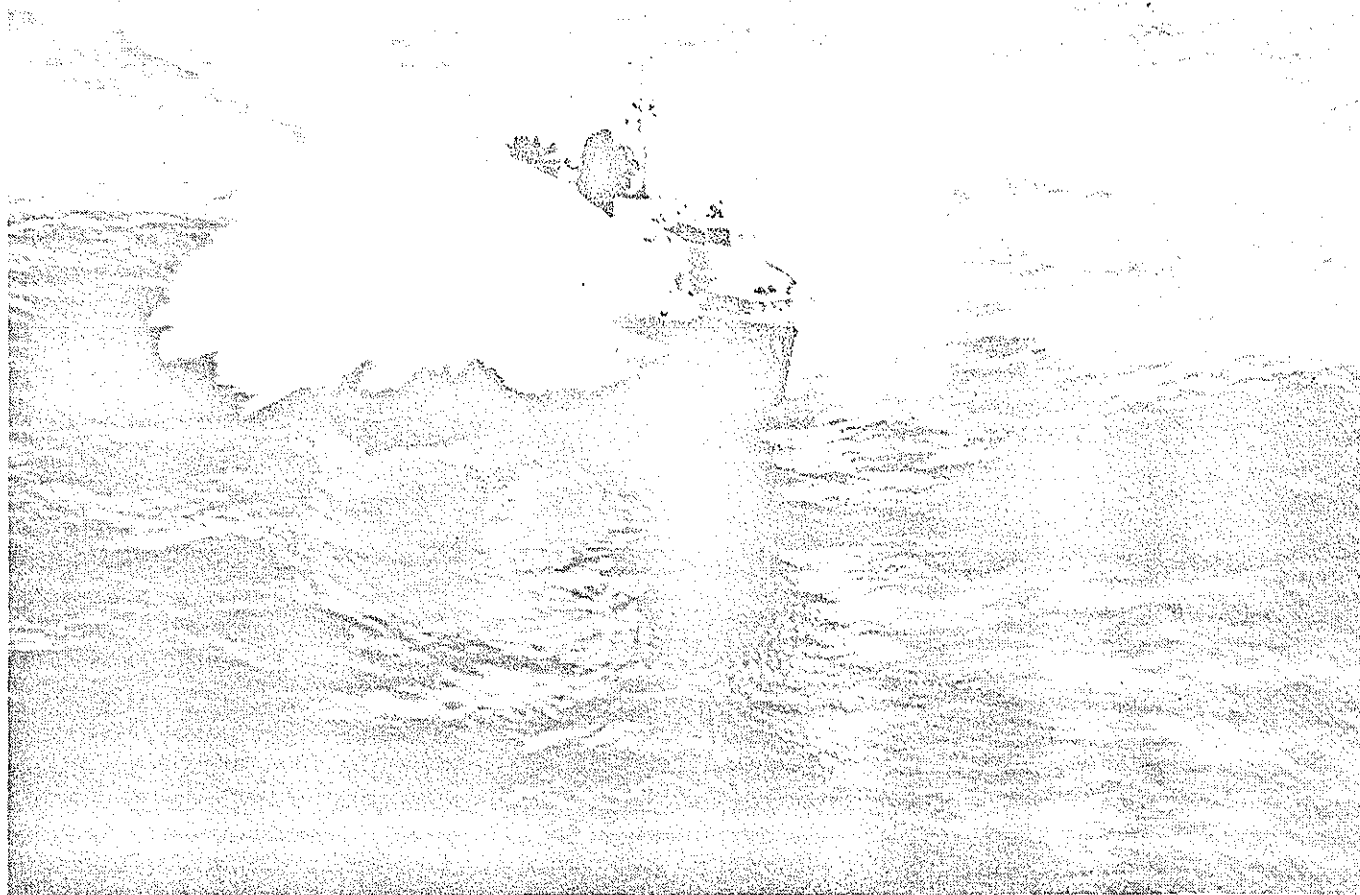


Fig 8 HIGH POINT (PCH-1) crossing the Columbia River Bar, Astoria, Oregon, while foilborne during San Diego transit in 1971.



Fig 7 HIGH POINT (PCH-1) in a foilborne mode being refuelled from a helicopter.

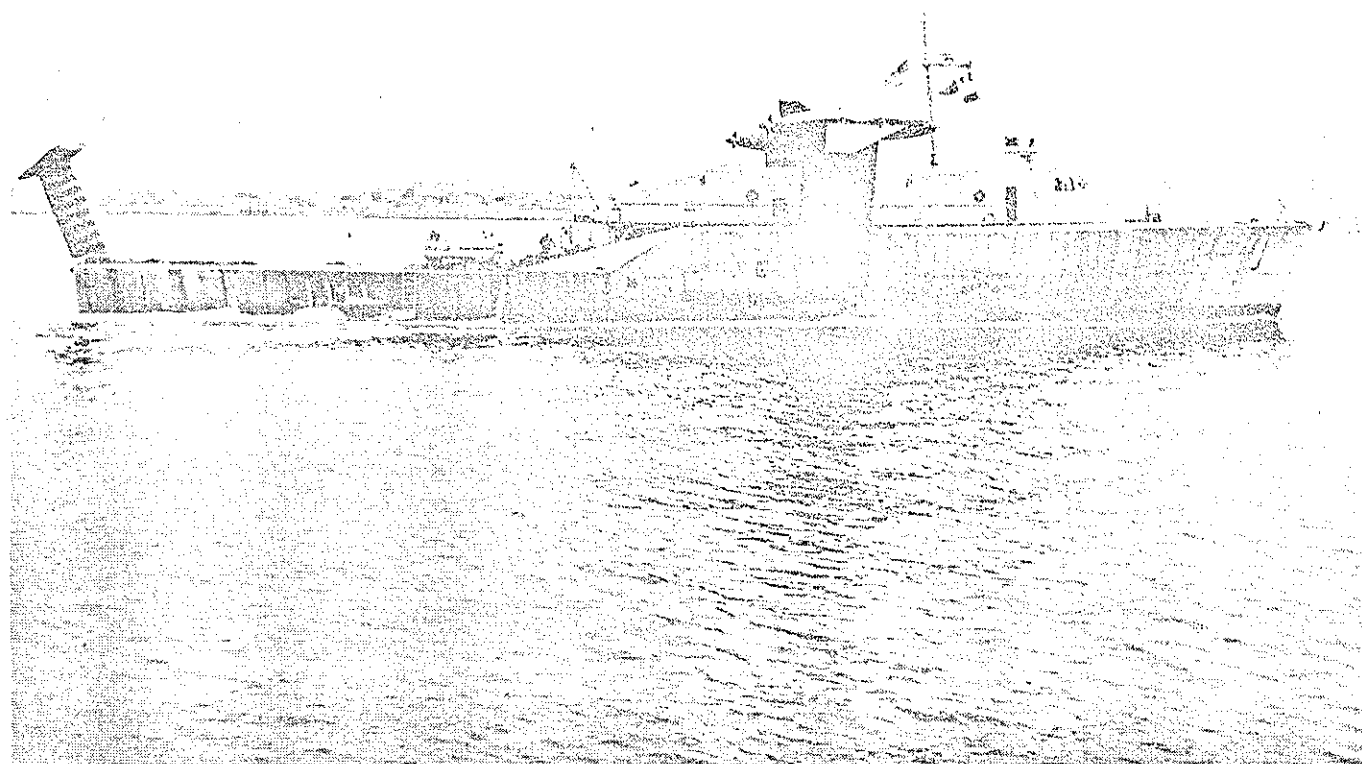


Fig 4 PLAINVIEW (AGEH-1) hullborne with struts in a fully retracted position.

La propulsion de l'AG (EH) 1 est assurée :

- en vol par deux hélices marines quadri-pales supercavitantes tractrices construites en Titane. Les hélices, de près de 1,60 m de diamètre, sont disposées à la jonction des ailes et des jambes AV. Elles sont entraînées mécaniquement à travers des réducteurs et renvois d'angle par deux turbines à gaz Général Electric de 14 000 ch de puissance maximale continue unitaire.
- sur coque par deux hélices marines 5 pales subcavitantes entraînées mécaniquement par deux moteurs Diesel rapides de 1 200 ch. Les hélices de propulsion sur coque sont relevables pour réduire la traînée de déjaugage.

L'appareil a fait son premier vol en mars 1968 et est entré au service de l'U.S Navy le 1er Mars 1969.

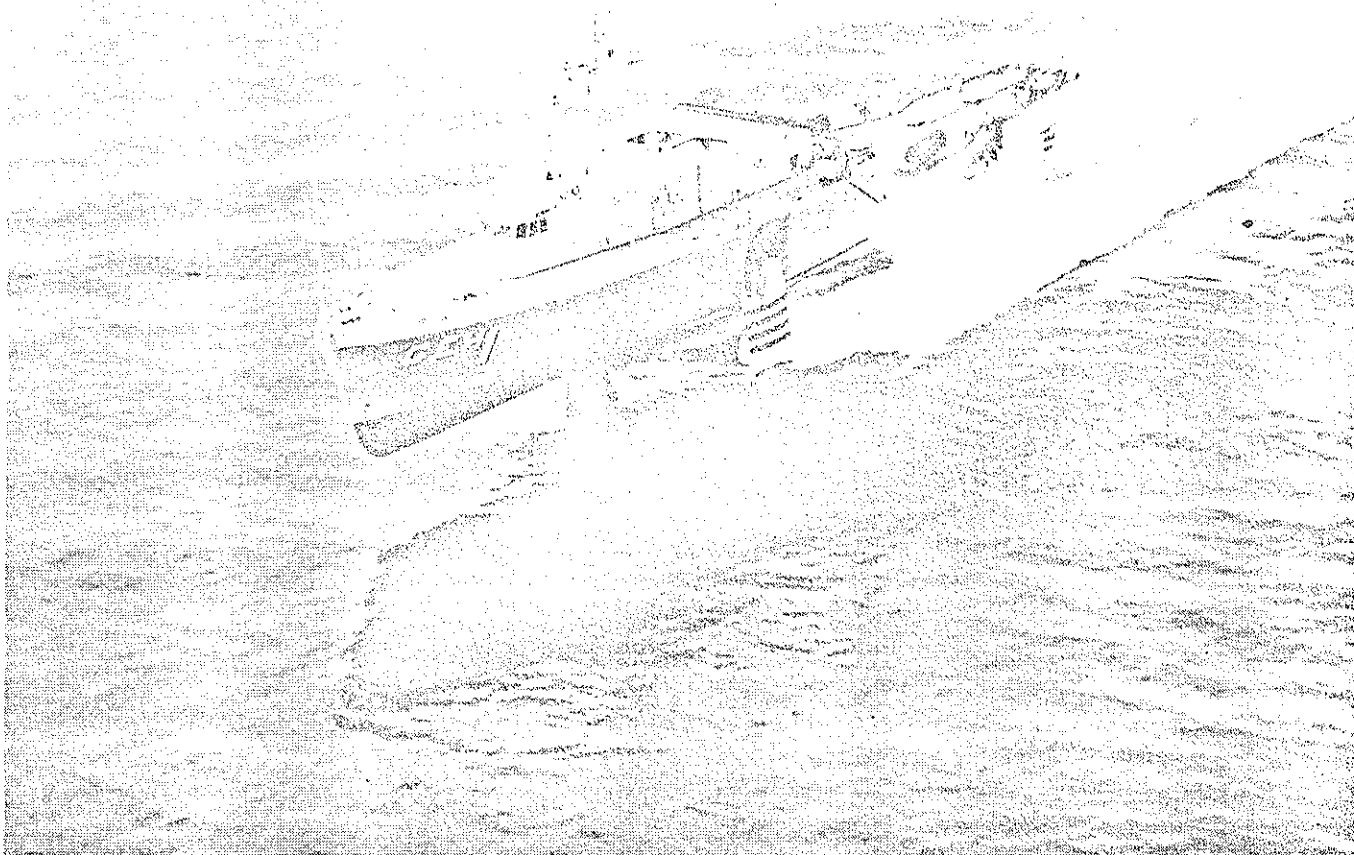


Fig 3 PLAINVIEW (AGEH-1) foilborne during local operations in Bremerton area.

C'est un appareil militaire de 320 t, du type à plans porteurs complètement immergés et pilotage automatique des ailes en incidence, destiné à la lutte anti-sous-marine.

La disposition adoptée des ailes et des jambes est dite conventionnelle : deux ailes AV supportent plus de la moitié du poids (90 % du poids) tandis qu'une aile AR assure le complément de portance (10 % du poids) et sert au réglage de l'assiette du véhicule.

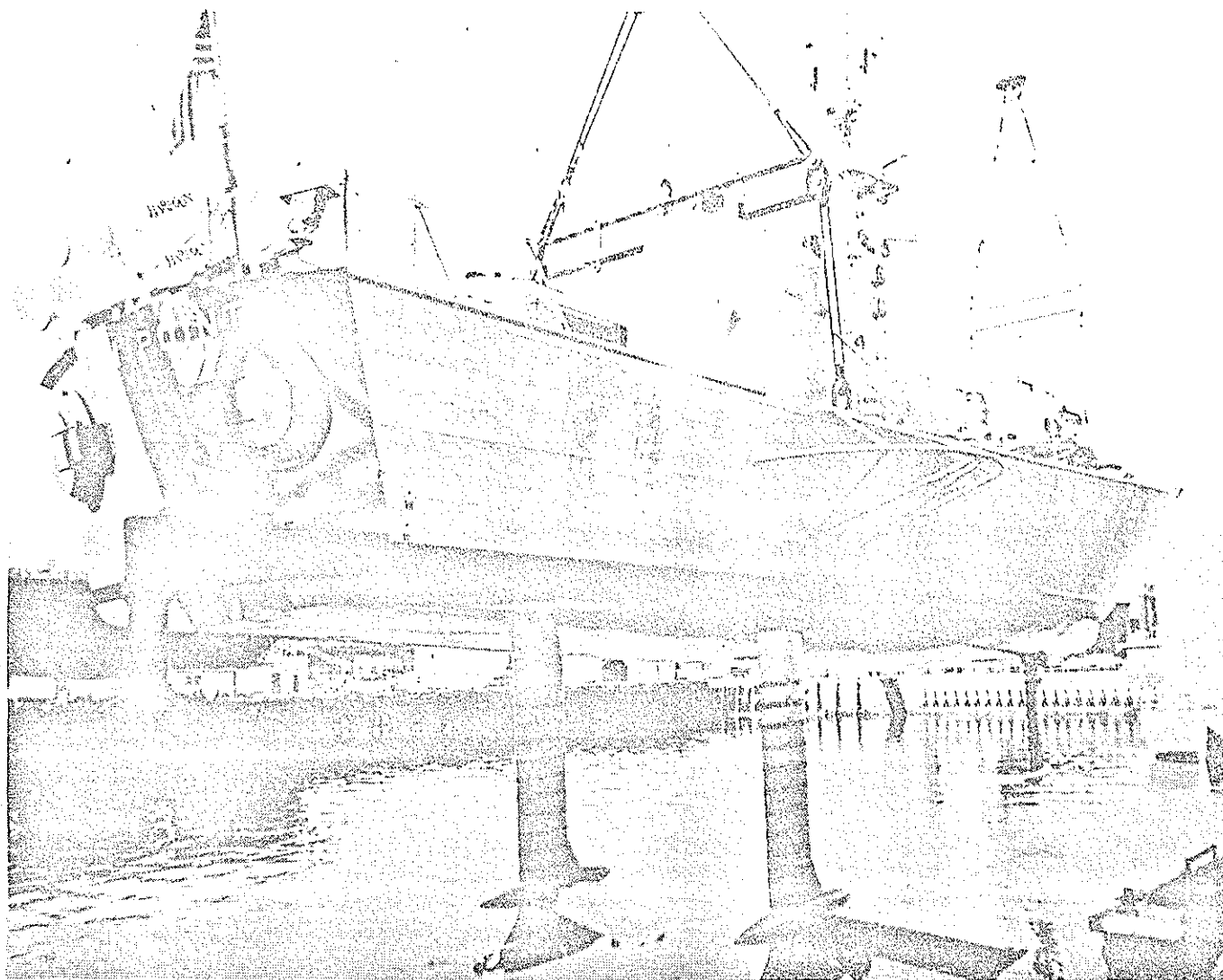


Fig 2 HIGH POINT (PCH-1) being lifted from the water at Puget Sound Naval Shipyard.

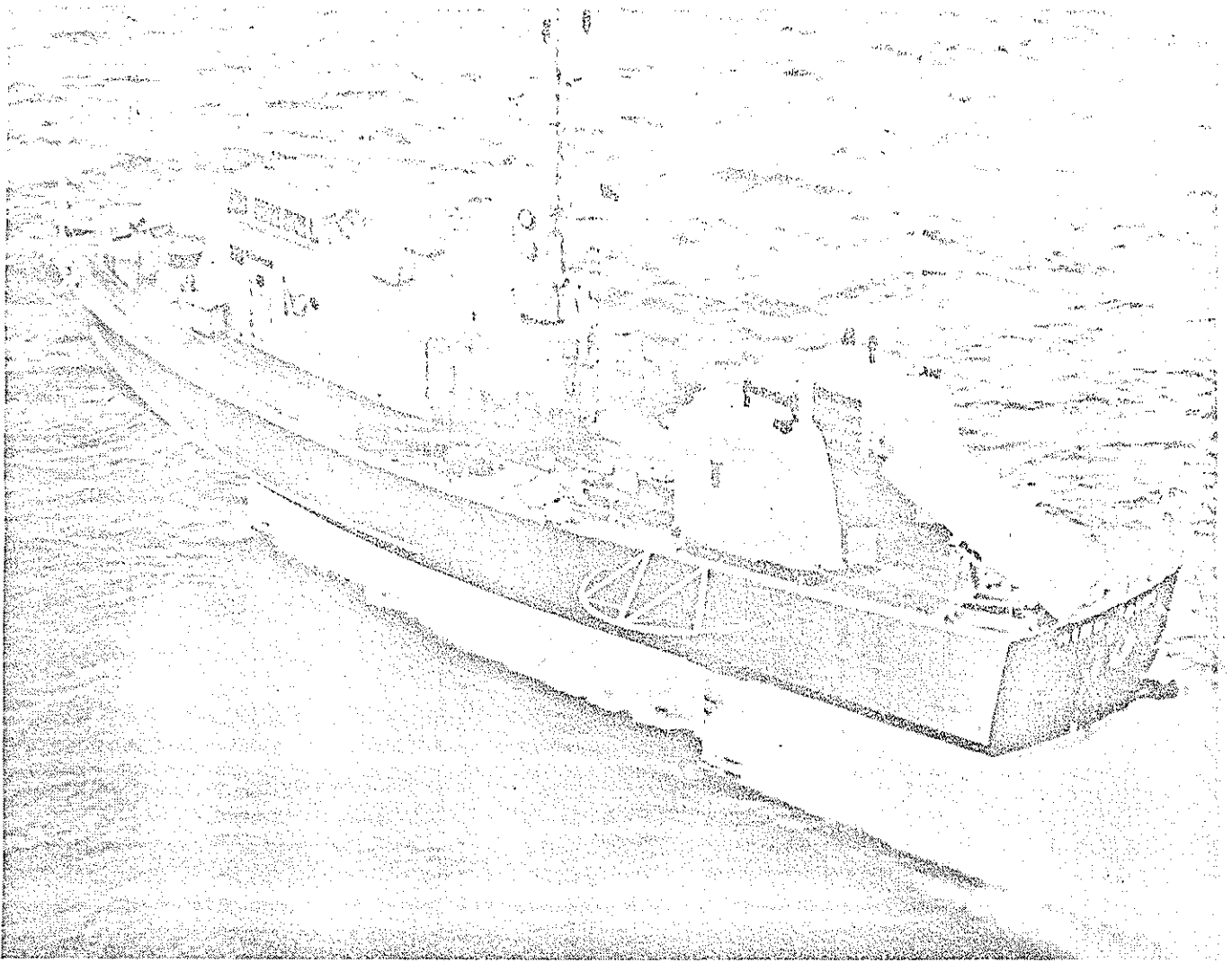


Fig 1 HIGH POINT (PCH-1) foilborne during harpoon launch evaluation in 1973. .