

# COLLOQUE NATIONAL SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 26 au 30 AVRIL 1977

---

TELECOMMANDE ACOUSTIQUE DES EVOLUTIONS D'UN ENGIN SOUS-MARIN

B. GRANDVAUX (\*) J.L. MICHEL (\*) R. DURANTON (\*\*)

(\*) CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS - Zone Portuaire de Brégaillon LA SEYNE/MER  
(\*\*) SOCIETE ECA - Zone Industrielle de Toulon Est 83087 TOULON CEDEX

---

## RESUME

Une expérimentation de télécommande acoustique des évolutions d'un engin d'observation sous-marine a été réalisée par le CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS et la Société ECA avec le concours d'un chasseur de mine de la Marine Nationale.

Un poisson PAP 104 a été équipé d'une télécommande acoustique et d'un dispositif d'asservissement qui ont permis de le faire évoluer par des fonds de 30 mètres jusqu'à une distance de 1 000 mètres du bâtiment support. Il a été possible de guider l'engin sur une trajectoire donnée aussi bien que lui faire rallier un point précis.

Cette expérience de faisabilité permet d'envisager l'utilisation de vecteurs télécommandés pour l'observation sous-marine à grande profondeur.

## SUMMARY

Trials of an acoustically controlled unmanned submersible were conducted by the CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS and SOCIETE ECA (Etudes et Constructions Aéronautiques) on board of a French Navy Mine Chaser.

A PAP 104 fish was additionally equipped with an acoustic remote control and a feedback control. This system allowed the submersible to travel at a depth of 100 feet and up to a range of 3 000 feet from the support vessel. It was possible to control the submersible along a given path and also to get it homing a given place.

This trial demonstrated the feasibility of the system and showed that such acoustically controlled vehicles can be used for great depth observation.



TELECOMMANDE ACOUSTIQUE DES EVOLUTIONS D'UN ENGIN SOUS-MARIN

1) INTRODUCTION

L'exploration des fonds sous-marins à grande profondeur s'effectue habituellement par deux types de vecteurs :

- les engins autonomes habités
- les engins remorqués ou autopropulsés liés par un câble au bâtiment support.

Dès qu'il s'agit de très grandes profondeurs (plusieurs milliers de mètres), ces deux types de systèmes deviennent extrêmement coûteux, tant du point de vue investissement que du point de vue exploitation.

Une petite étude économique a montré que pour des tâches d'observation (photographies, mesures de paramètres) sur de vastes zones on pouvait attendre des coûts de quatre à six fois moins élevés en utilisant des engins autonomes à télécommande acoustique .

Restait, avant de se lancer dans des projets importants à démontrer la faisabilité de la télécommande acoustique des évolutions d'un submersible. Tel était l'objet de l'expérimentation rapportée ci-après qui a été conduite par le CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS en collaboration avec la Société ECA et avec le concours d'un chasseur de mine de la Marine Nationale.

Un poisson filoguidé PAP 104 construit par la Société ECA pour la chasse aux mines a été équipé d'une télécommande acoustique et des dispositifs d'asservissement lui permettant de naviguer de façon autonome en obéissant à des ordres venant de la surface lui indiquant la trajectoire à suivre et les actions à exécuter. La liaison filaire a été conservée pour permettre de contrôler par la télévision le fonctionnement de l'engin et pour bénéficier des dispositifs de sécurité existant normalement sur l'engin.

Les essais du système ont eu lieu au mois de novembre 1976, tout d'abord dans le grand bassin du Centre Océanologique de Bretagne, puis en mer au large de Brest sur le chasseur de mine CLIO.

2) LE PRINCIPE DU GUIDAGE

Le PAP 104 (figure 1) est un véhicule filoguidé autopropulsé conçu pour la chasse aux mines. C'est un poisson d'environ 700 kg propulsé par deux propulseurs latéraux munis d'hélices à pas variables. La commande en direction de l'engin se fait par action sur les pas d'hélices par l'intermédiaire du fil. L'asservissement d'altitude au-dessus du fond est assuré par un dispositif à guide-rope. Le véhicule est en version normale équipé d'un indicateur de cap gyroscopique et d'une caméra de télévision dont les informations sont retransmises en surface par le fil de guidage.

Le principe de guidage retenu pour la télécommande acoustique est le suivant (figure 2) : on transmet à l'engin par voie acoustique une information cap codée de degré en degré de zéro à 360° ; cette information est comparée à l'indication cap fournie par le gyroscope et l'écart entre les deux commande le réglage des pas d'hélices des propulseurs .

Les ordres auxiliaires ont également été prévus :

\* AVO AV1 AV2 ordres de vitesse (AVO orientation sur place, AV1 vitesse lente, AV2 vitesse rapide). Ces ordres commandent la mise en route des propulseurs et le réglage moyen des pas d'hélices de part et d'autre duquel sont appliquées les variations pour le guidage en direction.

\* Mise en route et arrêt des équipements de mesure de l'engin. En fait, ces ordres n'ont pas été utilisés pour l'essai, aucune fonction mesures n'ayant été prévue pour l'engin à ce stade de l'expérimentation.

\* Largage du guide-rope commandant la remontée de l'engin en fin de mission.

## TELECOMMANDE ACOUSTIQUE DES EVOLUTIONS D'UN ENGIN SOUS-MARIN

Dans cette expérimentation, aucune télémétrie n'était prévue, c'est à dire que l'engin ne renvoyait pas d'information acoustique vers la surface permettant de contrôler son comportement. Cette fonction était remplie par le fil conservé en sécurité et retransmettant vers le bord par l'intermédiaire de la caméra de télévision le cap suivi par l'engin et la visualisation sur une matrice de diodes électroluminescentes les ordres acoustiques reçus.

3) LA TELECOMMANDE ACOUSTIQUE

L'information transmise est codée par l'écart de temps compris entre deux impulsions à fréquence <sup>pure</sup>. Pour éviter certaines perturbations dues à la propagation et en particulier des trajets multiples, les fréquences des deux signaux sont différentes.

Par ailleurs, pour s'affranchir des erreurs dues aux fluctuations des temps de propagation et au déplacement des mobiles, une information est validée à la réception si elle est reçue dans une certaine fenêtre temporelle autour de la valeur nominale de codage.

Ainsi si l'on a N informations à transmettre en un temps T, l'information i est codée par un temps

$$(1) \quad t = i \frac{T}{N}$$

A la réception, cette information est validée si on mesure :

$$(2) \quad t = i \frac{T}{N} \pm \tau$$

$\tau$  étant choisi tel que :

$$(3) \quad \tau \leq \frac{T}{2N}$$

de façon à éviter l'enchevêtrement des informations.

Enfin, pour éviter toute fausse alarme provoquée par des interférences provenant d'émissions parasites, on associe au cycle de base des deux impulsions du codage un cycle image qui lui est imbriqué et qui est constitué lui aussi de deux impulsions sur deux fréquences pures différentes entre elles et différentes de celles du cycle de base. Dans le cas présent, les impulsions du cycle image précèdent celles du cycle de base d'un certain temps  $\Delta t$ . A la réception, l'information reçue n'est validée que si elle remplit la condition (2) et si elle a été précédée du cycle image.

On obtient ainsi le diagramme des temps de la figure 3.

On note que :

- les ordres de cap sont codés à raison de 10 ms par degré à partir de 30 ms pour le cap 1°.
- la fenêtre  $\tau$  pour les ordres de cap est de 8 ms ( $\pm 4$  ms).
- les ordres auxiliaires sont codés par des temps supérieurs au cap 360°, ils sont espacés de 40 ms.
- la fenêtre  $\tau$  pour les ordres auxiliaires est de 20 ms ( $\pm 10$  ms).
- le cycle image précède le cycle de base de 15 ms ( $\pm 4$  ms).
- la durée de toutes les impulsions est de 10 ms.

Pour l'expérimentation effectuée, les fréquences étaient respectivement de 11, 12, 13, 14 kHz, choix arbitraire provenant simplement de la disponibilité du matériel électroacoustique sur ces fréquences.



#### 4) L'EXPERIMENTATION

L'expérimentation rapportée ici ne visait qu'à démontrer la faisabilité de la télécommande acoustique des évolutions d'un engin sous-marin en particulier :

\* Réaliser une transmission acoustique fiable et insensible

- aux aléas de propagation (trajectifs multiples)
- aux signaux parasites
- aux mouvements des mobiles

\* Asservir l'engin aux ordres reçus afin de lui faire suivre une trajectoire donnée ou rallier un point précis. Après des essais satisfaisants dans le grand bassin du Centre Océanologique de Bretagne, les essais en mer se sont déroulés au large de Brest au mois de novembre 1976 sur le chasseur de mine CLIO de la Marine Nationale. L'équipement de transmission (figure 4) d'ordres avait été installé au PC du bâtiment à proximité du pupitre normal du PAP. Le transducteur d'émission pendait le long du bord. L'équipement de réception (figure 5) était installé dans la partie arrière du PAP, l'hydrophone étant lui monté sur le dessus du poisson juste devant la bobine de fil.

L'électronique d'asservissement (figure 6) était montée dans la partie avant du poisson.

Quatre lancements ont été effectués par des fonds de l'ordre de 30 mètres, ce qui correspond à des conditions de propagation acoustiques très défavorables en raison des trajets multiples.

Lors des trois premiers lancements l'engin a effectué des parcours de l'ordre de 800 mètres sur des trajectoires variées autour du bâtiment support (figures 7, 8, 9). Le positionnement était assuré par le sonar DUBM 20 du bord, ce qui limitait à 500 mètres environ l'éloignement maximal. De plus, le fil de sécurité limitant à 1 000

1 100 mètres la longueur du parcours.

Lors du quatrième lancement (figure 10) l'engin a été éloigné jusqu'à rupture du fil c'est à dire 1 100 m du navire, le positionnement étant assuré par une petite bouée de surface remorquée par l'engin.

Au cours de ces quatre lancements, aucune fausse information n'a été reçue par l'engin. Certains ordres ont du être répétés deux fois, en particulier en limite de portée acoustique (cette limite était de l'ordre de 1 100 à 1 200 mètres en raison de la faible puissance d'émission utilisée et du bruit relativement élevé de la commande des pas d'hélices du PAP).

Ces essais ont montré qu'il était nécessaire de disposer d'un retour d'information en provenance de l'engin. Ce retour, réalisé ici par fil, peut très bien l'être par voie acoustique puisqu'il s'agit d'un débit d'information comparable à celui de de l'information aller.

#### 5) CONCLUSION

Ces essais ont montré la possibilité de réaliser avec une bonne sécurité la télécommande acoustique des évolutions d'un engin sous-marin. Ils ouvrent la porte à l'utilisation de tels engins pour l'exploration sous-marine à très grande profondeur ; pour des tâches d'observation dans un premier stade, pour des tâches d'intervention dans un avenir plus lointain.

Les auteurs remercient Monsieur OUDET de la Société ECA et Messieurs GIBAUDAN et VERNHET du CNEXO pour leur précieux concours à la préparation et l'exécution de ces essais. Ils remercient également le Commandant de la CLIO et son équipage pour leur coopération active qui fut un facteur essentiel de la réussite de l'expérimentation.

TELECOMMANDE ACOUSTIQUE DES EVOLUTIONS D'UN ENGIN SOUS-MARIN

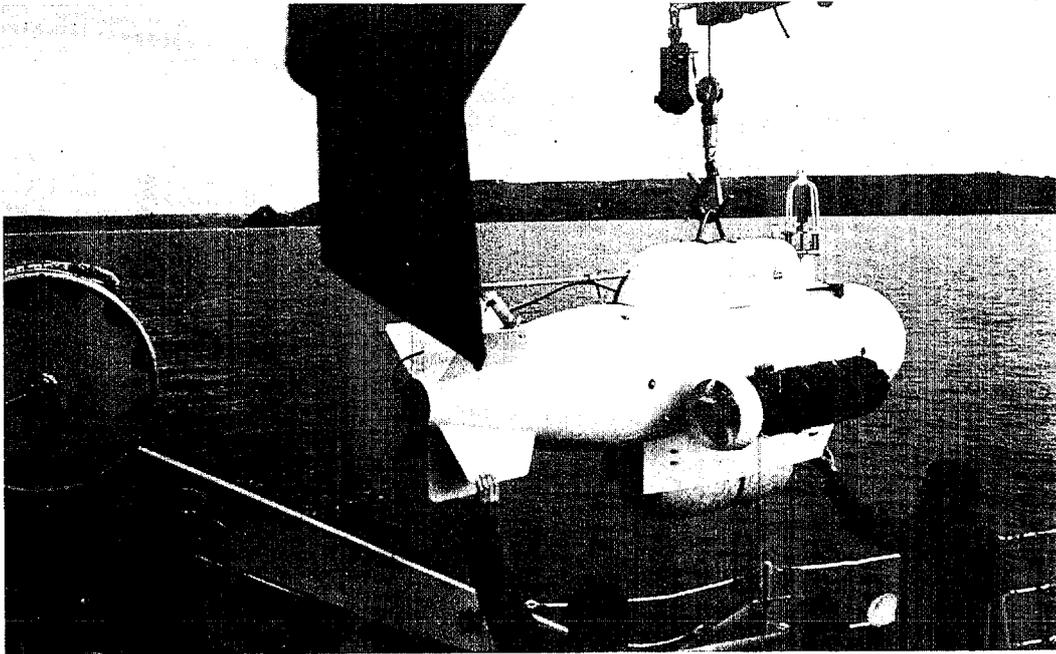


FIG. 1  
LE POISSON PAP A  
TELECOMMANDE  
ACOUSTIQUE

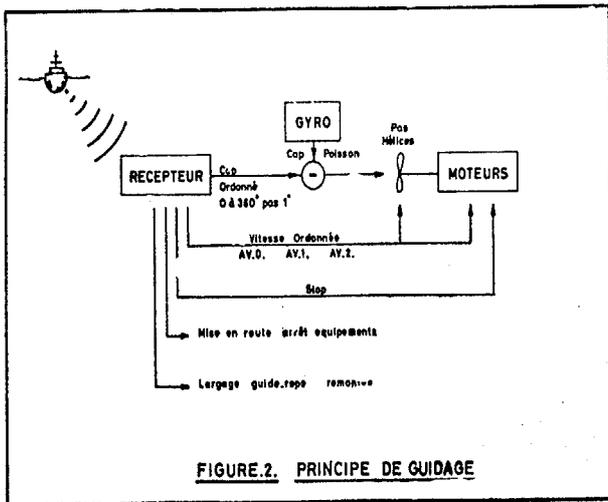


FIGURE.2. PRINCIPLE DE GUIDAGE

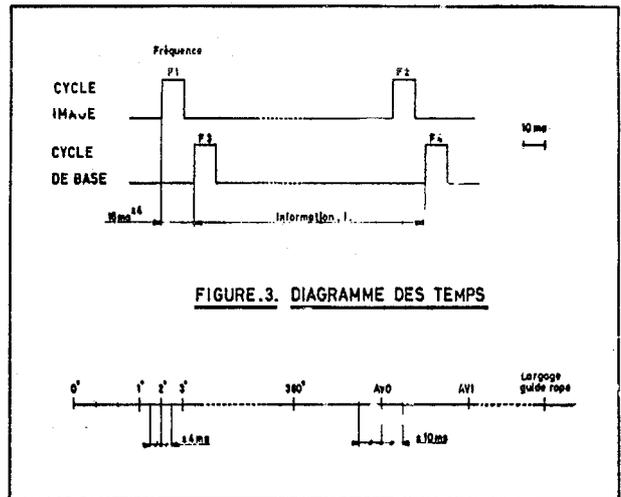
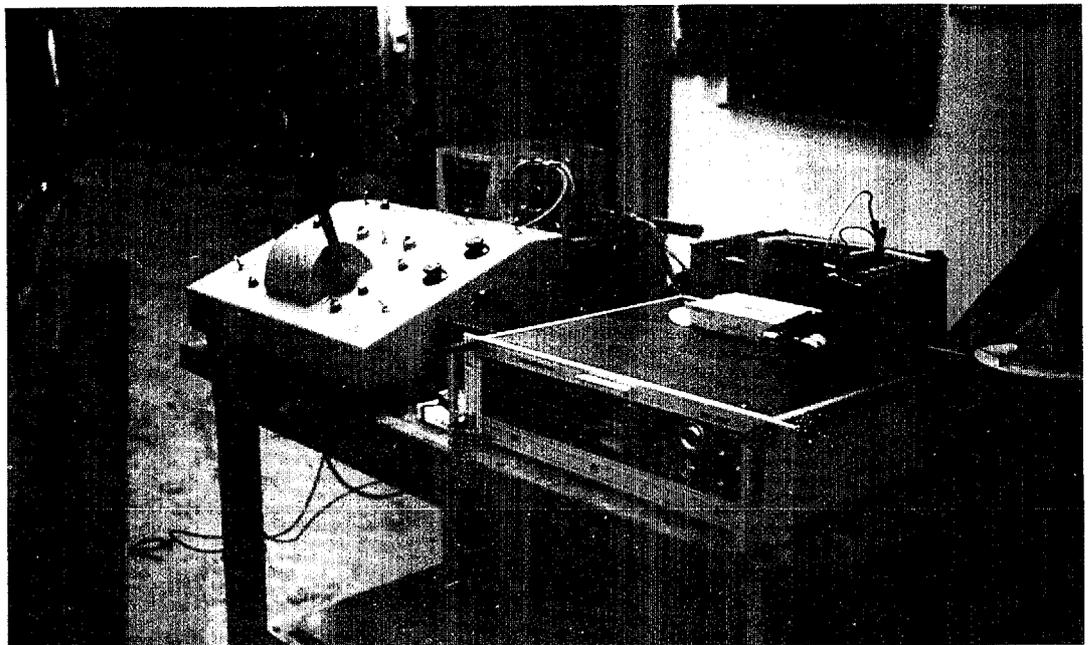


FIGURE.3. DIAGRAMME DES TEMPS

FIG. 4  
LES PUPITRES DE  
COMMANDES FILAIRE  
ET ACOUSTIQUE





## TELECOMMANDE ACOUSTIQUE DES EVOLUTIONS D'UN ENGIN SOUS-MARIN

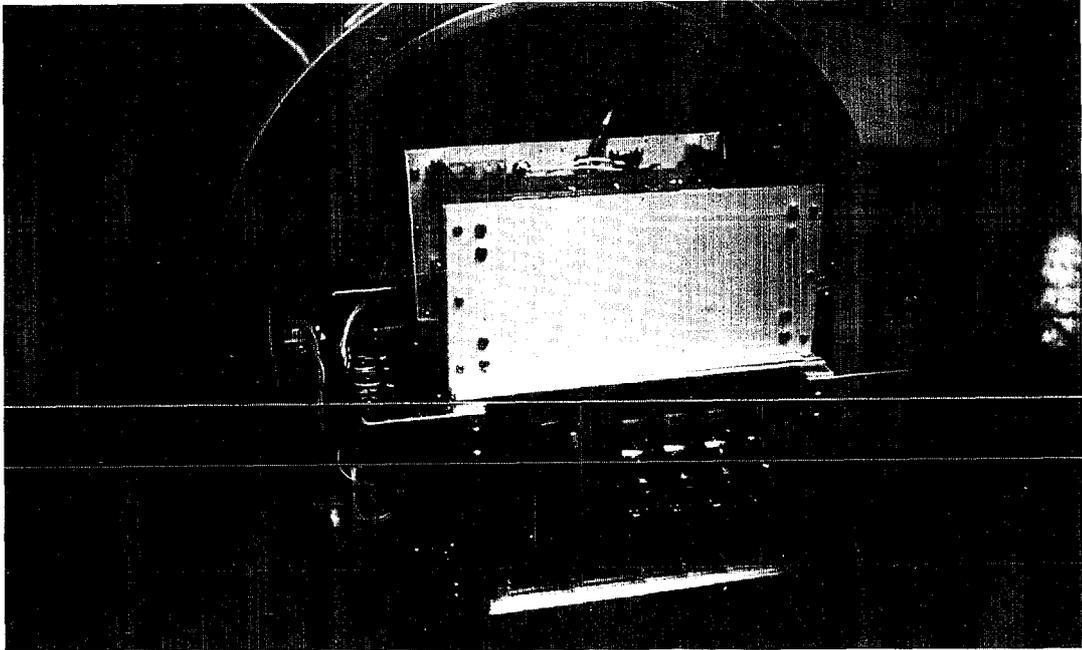


FIG. 5 LE RECEPTEUR DE TELECOMMANDE

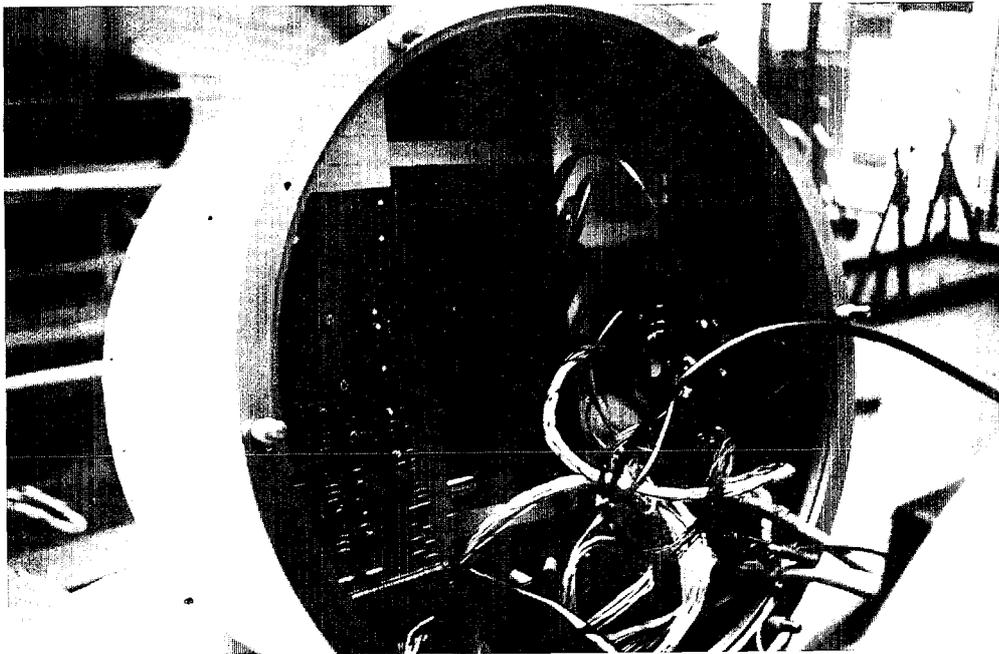


FIG. 6 L'ELECTRONIQUE D'ASSERVISSEMENT

TELECOMMANDE ACOUSTIQUE DES EVOLUTIONS D'UN ENGIN SOUS-MARIN

