



HAL
open science

HYDRA LUDION

Sa Comex

► **To cite this version:**

| Sa Comex. HYDRA LUDION : Une nouvelle technique de plongée. COMEX. 1999. hal-04678320

HAL Id: hal-04678320

<https://hal.science/hal-04678320>

Submitted on 27 Aug 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



The present document is the property of COMEX SAS. It has been entrusted to the ORPHY laboratory, which scanned and uploaded it.

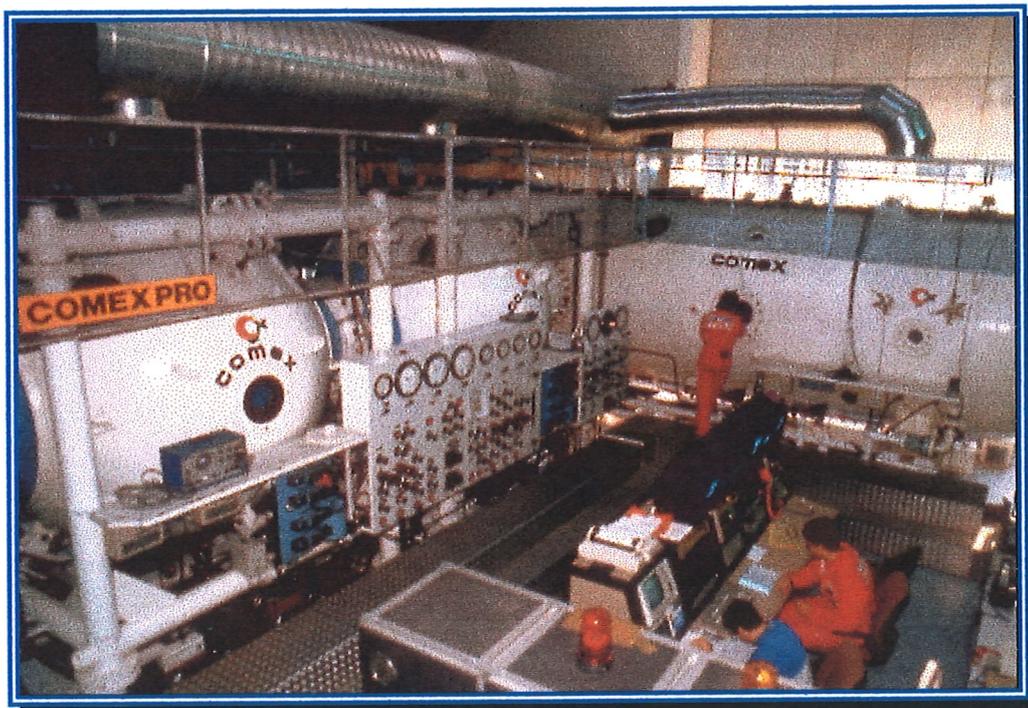
COMEX (Compagnie Maritime d'Expertises), established in 1962, has positioned itself in the offshore activities sector, where it held a leading international position, becoming the world's foremost company in engineering, technology, and human or robotic underwater interventions. Comex designed a Hyperbaric Testing Center in 1969 and developed its own research programs on various breathing mixtures used in deep-sea diving (helium and later hydrogen). These research efforts led to spectacular advancements in this field, including several world records, both in real conditions and simulations. Comex still holds the world record at -701 meters, achieved in its chambers during Operation HYDRA 10.

The ORPHY laboratory focuses on major physiological functions, their regulation, interactions, and their contribution to the development and prevention of certain pathologies. The primary mechanisms studied involve metabolic aspects (oxygen transport and utilization, energetics, etc.) and electrophysiological aspects (contractility and excitability), mainly related to respiratory, vascular, and/or muscular functions. These mechanisms are studied under various physiological and physiopathological conditions, ranging from the cellular and subcellular levels to the entire organism. In Europe, the ORPHY laboratory is one of the leaders in hyperbaric physiology and diving research.

Being a major player in innovation and expertise in the field of pressure, COMEX maintains a scientific archive from its experimental diving campaigns. The value of this archive is both scientific and historical, as it documents a remarkable chapter in the history of marine exploration and contains results obtained during dives that are very unlikely to be replicated in the future.



HYDRA LUDION
une nouvelle technique de plongée



Centre d'Essais Hyperbares

36 Boulevard des Océans - BP 143
13275 MARSEILLE cedex 09 - FRANCE
Tel 33 (0)4 91 29 75 00 - Fax 33 (0)4 91 29 75 07
e-mail : comexsa@comex.fr
<http://www.comex.fr>

Juin 1999

HYDRA LUDION

Une nouvelle technique de plongée

1. INTRODUCTION

Le programme HYDRA de développement de la plongée à l'hydrogène a permis, au fil des opérations expérimentales "onshore" et "offshore", de démontrer les qualités spécifiques de ce gaz comme vecteur des mélanges respiratoires pour la plongée à moyenne et grande profondeur :

- C'est un excellent agent anti-syndrome nerveux des hautes pressions qui limite chez le plongeur les désordres neurologiques dus à la pression et lui permet ainsi de conserver un bon niveau de performance à grande profondeur.
- C'est un gaz deux fois plus léger que l'hélium qui réduit la charge respiratoire, avec pour corollaire chez le plongeur une diminution très importante des risques d'essoufflement lors d'efforts physiques soutenus.

Les modèles expérimentaux que nous avons développés ces dernières années ont mis en évidence une autre particularité de l'hydrogène. Malgré une solubilité supérieure à celle de l'hélium dans l'eau et les graisses (sensiblement le double), nous avons observé des taux d'accident de décompression inférieur de 50% à ceux obtenus sous hélium pour des conditions expérimentales strictement identiques. Ceci nous a amenés à considérer certaines caractéristiques physiques de l'hydrogène (viscosité - diffusibilité - tension superficielle) comme des facteurs déterminants dans les phénomènes hyperbares de désaturation. Il apparaît que la formation d'embolies gazeuses nécessite des gradients de pression plus importants sous hydrogène que sous hélium. Cette particularité est très intéressante pour réduire la durée de la désaturation, et par la même peut être utilisée avantageusement en technique de plongée « ludion ».

" La technique de plongée « ludion » consiste à effectuer à partir d'un niveau de profondeur donné des excursions plus ou moins longues à une profondeur supérieure, en revenant ensuite à la profondeur de base sans palier de décompression ".

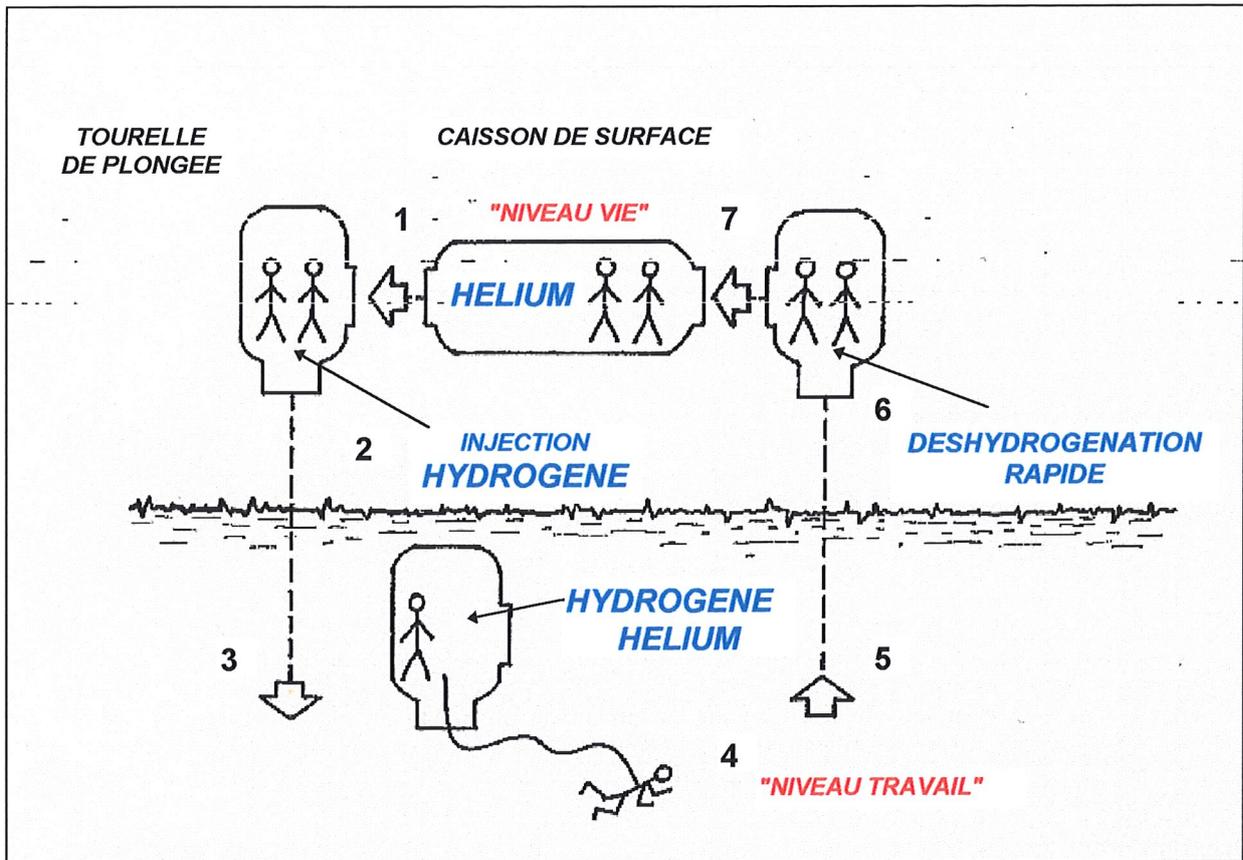
Cette technique avait été développée par Comex au début des années 70, mais abandonnée à cause du faible gradient de pression possible sous hélium.

L'hydrogène devrait permettre des ludions de 80 à 100 mètres dans la tranche de profondeur 100 / 350 mètres, en plongée à saturation sous hélium.

L'hydrogène pourrait également ouvrir de nouvelles perspectives en plongée unitaire au delà de 60 mètres par la réduction importante de la durée des paliers de décompression.

Dans le cadre de la technique de plongée « ludion - hydrogène » que nous développons, le mélange respiratoire hydrogéné n'est utilisé que durant la phase ludion. Entre les interventions au fond, les plongeurs séjournent en saturation sous mélange hélium dans les caissons de surface.

2. PRESENTATION DE LA TECHNIQUE



1. Les plongeurs confinés sous hélium au niveau-vie dans le caisson de surface sont transférés dans la tourelle de plongée.
2. Après déclampage, la tourelle est pressurisée du niveau-vie au niveau travail par injection d'hydrogène. Le mélange respiratoire initial " héliox " devient ainsi de " l'hydréliox ".
3. La tourelle est descendue sur le chantier sous-marin.
4. Les plongeurs interviennent hors de la tourelle en étant alimentés sous hydréliox en circuit fermé à partir d'une " boucle de surface " adaptée à l'hydrogène.
5. A la fin de l'intervention, la tourelle, toujours sous hydréliox, est remontée en surface.
6. Un " déshydrogénateur " à oxydation catalytique est connecté sur la tourelle afin d'éliminer sélectivement tout l'hydrogène et ramener rapidement les plongeurs au niveau-vie.
7. Les plongeurs réintègrent le caisson de surface sous hélium dans l'attente de leur prochaine intervention sous hydrogène sur le chantier sous-marin.

3. INTERETS DE LA PLONGEE LUDION

- Plongée « ludion – hydrogène » en saturation hélium :

- Niveau vie à plus faible profondeur que le niveau travail, d'où un meilleur confort physiologique pour les plongeurs et par conséquent moins de fatigue.
- Changement possible du niveau travail à chaque « bell-run » sans aucune décompression intermédiaire, soit un gain pouvant atteindre plusieurs jours sur les chantiers où l'enchaînement des opérations impose d'intervenir à différentes profondeurs.
- Décompression finale raccourcie dans tous les cas de figure, ceci grâce au niveau-vie à plus faible profondeur que le niveau-travail.
- Réduction de la durée globale des saturations.

- Plongée « ludion - hydrogène » unitaire :

- Réduction très importante de la durée des paliers de décompression.

4. APPLICATION DE LA TECHNIQUE « LUDION - HYDROGENE » A L'OFFSHORE

Investissements nécessaires (*)	:	1,50 MFF (250,000\$)
* Unité de déshydrogénation	:	1.30 MFF (215,000 \$)
* Adaptation à l'hydrogène boucle de surface hélium	:	0.15 MFF (25,000 \$)
* Adaptation tourelle	:	0.05 MFF (10,000 \$)

NB – La fourniture de l'hydrogène nécessaire aux ludions et de l'oxygène nécessaire à l'oxydation catalytique peut être envisagée à bord à partir d'un générateur électrolytique. Ceci supprimerait les approvisionnements traditionnels en bouteilles gaz à haute pression.

(*) estimations moyennes

5. OPERATIONS « HYDRA – LUDION »

- Les résultats de l'opération « HYDRA - LUDION 1 » :

- A partir d'un niveau-vie sous hélium à 200 mètres six ludions de 8 heures unitaires ont été effectués à 230, 245 et 260 mètres, et deux à 290 mètres d'une durée de 4 et 6 heures depuis le niveau-vie à 230 mètres.
- Durant les compressions rapides du niveau-vie au niveau-travail (2 mètres / minute), aucun symptôme du Syndrome Nerveux des Hautes Pressions n'est apparu.
- Le déshydrogénateur a permis des retours rapides au niveau-vie après les phases ludions (vitesse de décompression ≥ 1 mètre / minute).
- Les contrôles des bulles circulantes effectués par Doppler sur les plongeurs à chaque retour au niveau-vie ont montré des taux de bulles relativement faibles ne pouvant générer d'accident de décompression.
- Après la réalisation des huit ludions, les plongeurs ont été mis en saturation sous hydréliox à 300 mètres puis décompressés pour le retour en surface. Durant la phase de décompression sous hydrogène, la vitesse a été augmentée de 40% par rapport à celle pratiquée sous hélium sans provoquer l'apparition significative de bulles circulantes détectables au Doppler. D'où, possibilité d'aller encore plus vite ! ...
- L'ensemble des résultats acquis durant cette première opération montre que la marge de manœuvre est encore large et que l'on peut aller bien au-delà des ludions de 60 mètres expérimentés.

- L'opération « HYDRA - LUDION 2 » :

HYDRA LUDION 2 se déroulera du 3 au 25 Juin 1999. La zone d'investigation sera élargie dans la tranche 100/300 mètres avec des ludions de plus de 60 mètres. A l'issue de cette opération, COMEX sera en mesure de proposer un produit fini, directement applicable en chantier offshore.

Il est maintenant certain que la plongée à l'hydrogène assure, en toute sécurité, une plus grande efficacité, une meilleure performance au travail. En outre, cette nouvelle technique HYDRA LUDION présente des avantages majeurs par rapport à la plongée traditionnelle à l'hélium :

- un gain de plusieurs jours sur le temps de décompression final, ce qui entraîne d'importantes économies sur les coûts du chantier
- une plus grande flexibilité au travail : les plongeurs peuvent en effet travailler à des profondeurs différentes chaque jour sans avoir à faire de décompression intermédiaire.

6. LES PLONGEURS DE L'OPERATION « HYDRA-LUDION 2 »

Les plongeurs sélectionnés sont tous des scaphandriers professionnels classe III.

- **LETEURTROIS Eric** (remplaçant)
 - 37 ans,
 - Soudeur niveau 1 haute pression, qualification E111,
 - Homologation nucléaire EDF en soudure pleine eau,
 - Habilitations HN2 et RP2.

- **LOPES Willy**
 - 30 ans,
 - Soudeur « pétrole »,
 - Soudeur « hyperbare »,
 - Pilote / mécanicien sur ensouilleuse sous-marine.

- **MILESI Régis**
 - 29 ans,
 - Titulaire d'un DEUG de Droit,
 - Qualifié en soudure,
 - Moniteur de plongée.

- **MAVROSTOMOS Théo**
 - 45 ans,
 - Soudeur hyperbare,
 - Recordman mondial avec une soudure réalisée à 450 mètres au centre hyperbare allemand de recherche GKSS,
 - Record mondial de plongée à -701 mètres lors de l'opération HYDRA 10 à COMEX en nov./déc. 1992.

- **PLANCHAT Christian**
 - 28 ans,
 - Habilitation nucléaire EDF et COGEMA,
 - Certifié COFREND en contrôle visuel, ressuage, magnétoscopie, ultrasons,
 - Ex-Sapeur Pompier de Paris spécialisé en interventions subaquatiques, héliportées et en grande hauteur.

* * *