



**HAL**  
open science

## JANUS II Phase 2-A et B Programme

Sa Comex

► **To cite this version:**

| Sa Comex. JANUS II Phase 2-A et B Programme. COMEX. 1970. hal-04355065

**HAL Id: hal-04355065**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-04355065>**

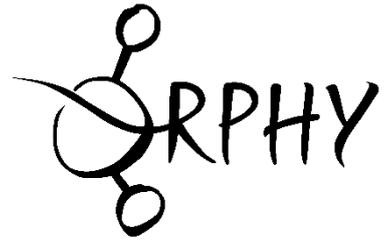
Submitted on 20 Dec 2023

**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.

AGARATE

**COMEX**

**JANUS II**

---

Phase 2 - A et B

---

PROGRAMME

OPERATION J A N U S II

---

PHASE 2 - A et B

---

Le protocole expérimental de la phase 2 A comporte 3 parties :

1°/ - Etude physiologique et surveillance médicale

2°/ - Essais d'équipements

3°/ - Moyens matériels et technologiques

1°/ - ETUDE PHYSIOLOGIQUE ET SURVEILLANCE MEDICALE

A Le déroulement de la phase 2 de JANUS II doit comprendre 9 périodes :

- 1 . Période d'entraînement des P.J (7 hommes) (50 jours) du  
1er Juin au 20 Juillet probablement
- 2 . Période de confinement (4 jours) de J -7 à J -4 pour l'équipe A
- 3 . Intervalle de repos et jour d'installation avec mise en pres-  
sion dans la soirée (3 jours en tout) de J -3 à J -1  
pour l'équipe A
- 4 . Période de saturation de J 1 à J 6 (6 jours en tout) pour  
l'équipe A

- 5 . Période de décompression (4 jours) de J 7 à J 10 pour l'équipe A  
(Durant les périodes 2 à 5 l'équipe B continue l'entraînement - modéré - pour se garder en forme)
- 6 . (reproduction de 2)
- 7 . (reproduction de 3)
- 8 . (reproduction de 4)
- 9 . (reproduction de 5)

Périodes de confinement, repos, saturation, décompression pour l'équipe B, calquées sur celles de l'équipe A  
(Durant les périodes 6 à 9, l'équipe A reste en observation)

La période d'entraînement est précédée d'une sélection semblable à celle de la phase 1. Celle-ci permet de choisir 4 plongeurs en plus des 3 P.J de la phase 1 qui se sont affirmés et acceptent de participer à la phase 2.

B Instruits par l'expérience de la phase 1, nous avons maintenu les investigations suivantes :

- 1 - examens cliniques : comme dans la phase 1
- 2 - examens paracliniques :
  - a) radiographie des os
  - b) audiogramme
  - c) examen dentaire

Nous avons supprimé l'ophtalmogramme qui n'a pas été modifié et maintenu l'examen dentaire qui s'est révélé très important et a permis de soigner les dents des plongeurs avant l'épreuve.

Nous penchant sur ce problème, nous nous sommes aperçus que l'accident dentaire survenant en caisson à 20 atm pouvait per-

turber considérablement l'opération, et que, par conséquent, ce type d'accident devait être prévenu.

- 3 - tests mentaux dont l'importance s'avère de plus en plus grande, et pour définir la personnalité des sujets et leur coefficient de sociabilité, et pour mesurer leurs performances en cours d'épreuves.
- 4 - l'interrogatoire psychologique, en complément des tests mentaux est tellement indispensable, qu'il devra faire partie de la routine lors de la préparation des opérations de plongées industrielles à très grande profondeur.
- 5 - examen neurophysiologique que nous conservons en partie, tout en réduisant les servitudes qu'il impose (E.E.G et réflexogramme achilléen)
- 6 - exploration fonctionnelle cardio-pulmonaire avant, pendant et après - indispensable car la fonction respiratoire est particulièrement à surveiller dans ces conditions de plongée très profonde à saturation, en hyperoxie relative.
- 7 - contrôle biologique et diététique réduit au minimum :
  - . prises de sang avant, aussitôt après et après 8 jours de récupération
  - . dosages urinaires réduits
  - . diététique se cantonnant à des mesures d'hygiène alimentaire

#### C Les périodes successives

- 1°/ -Période d'entraînement comparable à celle de la phase 1 pour les deux équipes.

En effet, à la lumière de la première expérience, nous ne croyons pas utile de la modifier, sauf peut être, en ce qui concerne les tests en hyperbarie ou nous supprimerons l'épreuve de plusieurs heures sous nitrox à 37 m qui ne nous a rien apporté et a fatigué

les plongeurs. Nous rappellerons que rien dans cet entraînement ne doit être polarisé sur des notions de records ou de performances sportives, mais tout sur le point optimum de la forme : un état de plénitude morale et physique et une compréhension intelligente et complète de l'épreuve à laquelle on va participer.

Au cours de la période d'entraînement les P.J subiront naturellement les tests et examens exposés ci-dessous :

- . spiropgraphie
- . tests mentaux
- . E.E.G
- . réflexogramme
- . radios
- . audiométrie
- . révision dentaire
- . analyses de sang et d'urine

L'évaluation psycho-technique des performances sera aussi réalisée à l'entraînement et au cours d'une narcose au nitrox à 90 m.

2°/ - période de confinement : (durée 4 jours)

Celle de la phase 1 nous a prouvé son intérêt - nous la reprendrons donc pour chaque équipe, les plongeurs pouvant ainsi :

- sa familiariser avec leur mode de vie au cours de l'expérience et d'amortir ainsi leurs réactions d'adaptation
- faire, dans le cadre de l'expérience, la répétition générale de celle-ci. Ce qui permettra de mettre au point la réalisation technique des "plongées" et des essais très précis d'appareils qu'elles comportent dans cette phase à visée opérationnelle (beaucoup plus que la précédente).

L'environnement sera le même, (ou à peu près) en ce qui concerne :

- . le confinement
- . la régénération de l'atmosphère
- . la constitution de celle-ci (la plus riche possible en hélium) dans cette enceinte nouvelle.
- . la température de confort (relatif) sous hélium
- . l'éclairage
- . les bruits

Mais tout cela à la pression atmosphérique (plus quelques dizaines de millibars pour plaquer les portes). Ce qui permettra de mieux distinguer l'influence du paramètre pression dans les modifications comportementales et opérationnelles des plongeurs au cours des diverses phases de l'opération J A N U S II.

On pratiquera les examens suivants :

- spirométrie et E.K.G. au repos et à l'effort
- réflexogramme achilléen
- et l'étude de l'adaptation aux appareils, équipements, etc...

Cette période de confinement sera séparée de la période de saturation par deux jours de détente. Les P.J passeront ces 48 heures où cela leur conviendra, dans la région, mais à distance du Centre et des caissons.

3°/ - pressurisation :

Instruits par l'expérience de la phase 1, nous amènerons les plongeurs au niveau de vie :

D 1 = 200 m fictifs = 21 ata

de la façon suivante :

la pressurisation commencera au jour J -1 dans la soirée (vers 20 h)  
Elle sera précédée d'une élimination partielle de l'azote dans l'hydro-

sphère, par dépression ou immersion.

La descente sera beaucoup plus longue que lors de la phase 1. Elle se fera à la vitesse d' 1 m/minute, soit en 200 minutes au total pour tâcher d'éviter le stress observé chez les P.J. de la phase 1 le premier jour de saturation.

Les P.J. se trouveront donc déjà installés à leur niveau de vie de 200 m au jour J 1 à 0 h.

L'atmosphère devra être stabilisée le plus possible.

Elle aura la composition suivante :

- oxygène : 2 % soit une Pi = 0,420 ata
- azote : 1 % soit une Pi = 0,210 ata
- hélium : 97 % soit une Pi = 20,360 ata
- gaz carbonique : 0,048 soit une Pi = 0,010 ata
- hygrométrie : 50 à 80 % ou encore exprimant en quantité d'eau dans le caisson : 17,6 à 33 mg/l

La température ambiante sera maintenue la plus proche possible d'un niveau de confort difficile à déterminer pour les plongeurs dans l'hélium. Sans doute entre 29 et 31°C, d'après l'expérience de la phase 1.

4°/ - Saturation : durée : six jours

Instruits par la phase 1, nous pouvons établir ainsi la chronologie des activités quotidiennes :

- . de 06 00 à 07 00 - réveil - toilette - déjeuner
- . de 07 00 à 11 00 - plongée-travail et activités connexes
- . de 11 00 à 16 00 - repas et détente (sieste)

- . de 16 00 à 17 00 - observations, tests, bilans (psycho-technique, etc...)  
casse-croûte
- . de 17 00 à 21 00 - plongée-travail et activités connexes
- . à 21 00 - repas
- . de 22 00 à 06 00 - sommeil

On pratiquera les examens et tests suivants :

- a) - spirographie et E.K.G. de repos
- b) - tests psycho-moteurs et sensoriels
- c) - réflexogramme achilléen

Il est prévu aussi des prises régulières de poids, de température et de rythme cardiaque et respiratoire.

La surveillance "clinique" par le Médecin de garde sera naturellement constante.

5°/ - Plongées-travail - Rythme - Effort - Contrôles :

A la profondeur de travail :

D 2 = 250 mètres fictifs = 26 ata

La parfaite innocuité des décompressions intermédiaires (entre D 1 et D 2) subit par les P.J de la phase 1 deux fois par jour durant 8 jours, nous a fourni la preuve que les plongeurs pouvaient effectuer les 2 excursions quotidiennes à 8 h. et 18 h. chaque séjour à 250 m. pouvant durer 2 heures moins 10 minutes de "descente" , la remontée s'effectuant en 10 à 15 minutes, suivant les possibilités d'ascension, de décompression de la tourelle et de récupération des gaz.

Lors de la phase 1, nous avons prévu une "descente" en 3 minutes. En fait, la première descente a été effectuée en 4 minutes, et

c'était encore trop rapide, car, cette vitesse importante (12,5 m/min.) pourtant très acceptable entre 0 et 50 m, a été, de 200 à 250 m, traumatisante pour les P.J. Les trois sujets ont souffert de vertiges et de troubles de l'équilibre à l'arrivée au fond.

Nous avons donc adopté pour les descentes suivantes, la vitesse de 5 m/min. soit une durée de 10 min. Ainsi, les plongeurs parvenaient au fond, sans aucun trouble. C'est donc ce laps de temps que nous avons décidé de conserver pour la pressurisation de 21 à 26 ata.

L'horaire des plongées-travail sera fondé sur le principe suivant : 4 h. par jour en 2 excursions espacées de 8 h. (du début de la remontée au début de la descente suivante).

La durée de chaque excursion sera, en principe, de 2 heures.

Toutefois pour la réalisation des tests spirométriques au repos et à l'effort, la plongée du matin, les jours J 1 et J 4, sera de 140 min. (car, plus courte, elle ne permettrait pas de tester 2 plongeurs). De ce fait, celle du soir ne commencera qu'à 18 h 20 et ne durera que 100 min, car nous ne pensons pas qu'il soit prudent actuellement de demander davantage au procédé LUDION dans cette tranche de profondeurs. (nous avons pourtant l'impression de demeurer bien en deçà des limites de sécurité).

Si l'on désigne les P.J par les initiales A B C, voici le tableau de service pour les 6 jours de saturation.

Jour	Plongée travail n°	Opérateur	Plongeur 1	Plongeur 2	durée de la plongée en minutes
1	1	B	C	A	140
	2	A	B	C	100
2	3	C	A	B	120
	4	B	C	A	120
3	5	A	B	C	120
	6	C	A	B	120
4	7	B	C	A	140
	8	A	B	C	100
5	9	C	A	B	120
	5	B	C	A	120
6	11	A	B	C	120
	12	C	A	B	120

L'activité des plongeurs dans l'hémisphère aquatique consistera en :

1°/ - tests respiratoires au repos et à l'effort

2°/ - manoeuvres de tourelle

3°/ - essais de matériels : détendeurs - cyclo flow - casque PIEL  
P 68 FENZY

4°/ - essais d'équipements protecteurs contre le froid

5°/ - travaux pratiques sur du matériel pétrolier

6°/ - tests psycho-moteurs et sensoriels exécutés hors de l'eau, dans l'eau tiède et dans l'eau froide, toujours pour essayer d'évaluer la part de l'immersion et du refroidissement dans la dégradation des performances aux grandes profondeurs (dégradation, dont la phase 1 a montré qu'elle était minime sous la seule influence de l'héliox à 250 m).

On peut prévoir l'emploi du temps suivant :

EMPLOI DU TEMPS PREVU POUR LES PLONGEURS A B et C

Jour	N° de la plongée	Opérateur	Activités des plongeurs		Temps utilisables en min
			1ère mi-temps	2ème mi-temps	
1	1	B	C - spirométrie (effort)	A - spirométrie (effort)	130
	2	A	B - spirométrie (effort)	C - essai d'appareils	90
	3	C	A - essai d'appareils	B - essai d'appareils	110
2	4	B	C - essai d'appareils	A - essai d'appareils	110
	5	A	B - tests psycho-moteurs	C - tests psycho-moteurs	110
3	6	C	A - tests psycho-moteurs	B - essai d'appareils	110
	7	B	C - spirométrie (effort)	A - spirométrie (effort)	130
4	8	A	B - spirométrie (effort)	C - essai d'appareils	90
	9	C	A - essai protection froid	B - essai protection froid	110
5	10	B	C - essai protection froid	A - essai protection froid	110
	11	A	B - T.P en eau froide	C - T.P en eau froide	110
6	12	C	A - T.P en eau froide	B - T.P en eau froide	110

T.P = travaux pratiques sur matériel pétrolier.

6°/ - La décompression commencera le jour J 6 à 20 h 10, dès la fin de la remontée de la dernière plongée-travail à 250 m.

D'après les résultats de la décompression de la phase 1 et des études pratiquées entre temps sur la décompression d'une saturation à 75 m pour l'opération ASTRAGALE Golfe de Gascogne 1970, nous avons adopté de nouvelles modalités pour la remontée terminale. Elle se fera sous une  $PiO_2$  de 600 millibars, à la vitesse de 2 m/h de 200 m à 15 m. A partir de 15 m, toujours en atmosphère d'héliox, le taux d'oxygène sera maintenu à 24 % dans l'hydrosphère, mais la vitesse de décompression sera réduite à 1m50 à l'heure - cela pour éviter aux plongeurs les longues périodes de respiration d'oxygène au masque qui grèvaient la fin des autres remontées de plongées à saturation.

Cette amélioration, et de la vitesse de remontée et des conditions de séjour en caisson, nous paraît sécurisée par l'exclusion de l'azote dans l'hydrosphère.

En effet, si antérieurement on avait pris l'habitude de ventiler à l'air à partir de 30 m, dans notre nouveau procédé nous nous en abstenons rigoureusement, et conservons les plongeurs dans une atmosphère d'héliox jusqu'à la sortie. Cela, en vertu de considérations qu'il serait trop long d'exposer ici, mais qui feront l'objet d'un chapitre substantiel dans notre rapport final.

La décompression ayant donc commencé le jour J 6 à 20 h 10, le passage à 15 m se fera le jour J 10 à 16h 40 et la sortie le jour J 11 à 02 h 40. Cette période sera naturellement soumise à une surveillance médicale semblable à celle de la phase 1, et nous ne serions trop répéter la grande attention qu'il faut apporter aux petits signaux d'alarme annonciateurs d'un accident de décompression, accident d'ailleurs bénin dans ces conditions de remontée, et d'autant plus réductible qu'il n'y a pas d'azote dans le mélange respiratoire.

C'est ainsi que les médecins porteront l'attention la plus soutenue aux signes suivants :

a) - dans la première partie de la décompression :

les troubles de l'audition, les vertiges, une fatigue générale anormale, une gêne respiratoire

b) - dans la dernière partie de la décompression :

les sensations de passage de bulles surtout au niveau des genoux, les douleurs ostéo-articulaires progressives, une sensation anormale de fatigue générale et des troubles respiratoires même discrets.

Grâce à cette surveillance continue, il sera facile d'intervenir par une recompression modérée, ou un simple palier comme nous l'avons fait lors de la phase 1, et une décompression secondaire ralentie à la demande.

Durant les 4 jours de décompression, les tests psycho-moteurs et sensoriels et le réflexogramme seront pratiqués périodiquement.

Les épreuves respiratoires seront, par contre, très réduites et ne comporteront aucun effort pulmonaire pour ne pas provoquer d'accident de décompression.

7°/ - Période d'observation : bilans de sortie

Cette période commence dans la nuit même de la fin de la décompression.

Les trois plongeurs coucheront dans les caissons pour demeurer sous surveillance médicale, et être rapidement recomprimés en cas de "bends"

Le matin l'examen clinique de contrôle sera pratiqué.

Les jours suivants la mise en observation comportera obligatoirement :

- une exploration fonctionnelle cardio-pulmonaire complète
- un examen psychotechnique complet
- une prise de sang et une analyse d'urines 8 jours après la sortie
- et facultativement un réflexogramme si cet examen a montré des anomalies en cours d'expérience.

La mise en observation clinique se prolongera d'ailleurs durant quelques semaines et tout test anormal sera renouvelé.

8°/ - Surveillance médicale

Prévention et traitement des accidents

Etant donné l'importance de cette rubrique qui figure déjà dans le protocole expérimental de la phase 1, nous croyons utile de la reproduire in extenso.

Il serait fastidieux de s'étendre sur la prévention des accidents pouvant survenir en caisson.

Cette prévention présente, en effet, plusieurs aspects :

1°/ - technique

parfait état du matériel-caissons contrôlé par l'Administration des Mines. Entretien confié à un personnel compétent. Appareils de remplacement et de secours prévus etc.. etc...

2°/ - chimique

contrôle rigoureux des mélanges gazeux respirables par plusieurs appareils de mesure en continue dont les résultats sont eux-mêmes vérifiés par analyse chromatographique à partir de mélanges étalons etc...

Tout cela manié et entretenu par un personnel hautement spécialisé.

3°/ - médical

l'état de santé des plongeurs aura fait l'objet de tels contrôles, qu'il serait bien difficile de laisser un sujet inapte participer à l'expérience.

Dans ce cas, la prévention est assurée par les exigences scientifiques de l'opération.

L'hygiène et l'alimentation des plongeurs seront elles-mêmes surveillées, ce qui exclut en particulier l'éventualité d'une intoxication alimentaire.

Un contrôle bactériologique de l'ambiance et une désinfection éventuelle sont prévus (procédé Aérovap)

4°/ - physiologique

Nous ne reviendrons pas sur notre conception des décompressions intermédiaires et terminales. Les principes en ont été exposés plus haut.

Ces décompressions étant inédites, il existe naturellement un risque d'accident (qui ne pourrait être que bénin étant donné

la surveillance à laquelle seront soumis les plongeurs).

Mais ce risque est réduit au maximum ; en effet :

- . en ce qui concerne les plongées-travail  
la phase 1 a permis d'établir les durées d'excursions et intervalles tolérables sans risque d'accident
- . en ce qui concerne la décompression terminale, celle-ci s'appuie sur de nombreuses expériences antérieures (CABARROU - BUHLMANN - JANUS II Phase 1)  
Elle devrait être sûre, mais en tout cas elle ne pourrait provoquer que des incidents parfaitement contrôlables.  
En revanche, si elle prouve son excellence, nous aurons réalisé une économie de temps importante, constituant un incontestable progrès sur le plan opérationnel (avec un confort amélioré pour le plongeur)

Mais il est évident qu'aucune des précautions sommairement énumérées ci-dessus, n'assure aux plongeurs 100 % de sécurité. Un accident imprévisible peut toujours se produire.

Ici encore, sous peine de recopier un traité d' "Urgences Médicales et Chirurgicales" on doit se contenter d'une énumération succincte :

- 1°/ - traumatismes, blessures, coupures, plaies vasculaires :  
les plongeurs auront à leur disposition une trousse à pansement et des antiseptiques (sans liquides volatils) ainsi qu'un garrot. Cela leur permettra de soigner le blessé sous le contrôle visuel et sous la direction du Médecin de garde.
- 2°/ - maladie  
des infections aiguës pouvant toujours survenir, comme au cours de Ludion 1, dans la plupart des cas, le diagnostic pourra être fait à distance par le Médecin de garde, et les médicaments fournis selon les besoins.  
De plus, si cela est indispensable, un médecin pourra rejoindre les plongeurs.

3°/ - cas chirurgicaux aigus (appendicite)

Il s'agit là de l'évènement le plus grave.

La décompression exigeant 4 jours, un plongeur atteint de crise d'appendicite, peut, même sous antibiotiques, ne pas tolérer ce délai avant l'intervention chirurgicale.

Nous avons donc en réserve un Chirurgien capable de rejoindre les plongeurs à 200 m. et d'opérer en hyperbarie dans des conditions acceptables.

4°/ -- accidents nerveux, asphyxies, défaillances cardiaques, pertes de connaissance.

Tous les états aigus nécessitant une réanimation doivent pouvoir être traités immédiatement sur place, sans attendre l'intervention du Médecin, à qui il faudra au moins 10 minutes pour parvenir à 200 m si l'on ne veut pas que la pressurisation trop rapide lui fasse perdre ses moyens.

Il s'agit donc d'une réanimation primaire avec respiration artificielle (pour laquelle les plongeurs disposeront d'un appareil type "ambu" ) et massage cardiaque externe.

L'expérience a montré sur les chantiers et sur les plages que seule la réanimation primaire a de l'efficacité et que ce n'est pas en attendant l'intervention d'un Médecin que l'on sauve les victimes de noyade ou d'électrocution.

Une importante partie de la formation des P.J constituera donc en des cours et travaux pratiques de réanimation primaire.

La réanimation secondaire pourra être à son tour opérée en cas-son par le Médecin qui aura eu le temps de se pressuriser convenablement pour rejoindre les plongeurs.

Pour l'alimentation de l'appareil à respiration artificielle une bouteille de mélange héliox à 5 % d'oxygène doit être tenue en réserve.

5°/ - accidents de décompression

Leur dépistage sera évidemment précoce.

Les vertiges à la remontée ne seront pas forcément traités par la recompression. Celle-ci interviendra surtout près de la surface si un ou plusieurs plongeurs se plaignent de passage de bulles, de douleurs ostéo-articulaires allant en s'exacerbant ou à fortiori de troubles neurologiques.

Il s'agira d'une recompression thérapeutique à la demande, dont nous avons l'habitude pour les remontées de plongées profondes à l'héliox et de plongées à saturation.

Si les accidents apparaissent après la sortie on appliquera suivant les cas, soit la table à l'oxygène pur à 18 m de l'U.S. NAVY, soit - et de préférence - l'une des tables du G E R S aux mélanges enrichis à l'oxygène, à 30 m.

## MOYENS MATERIELS ET TECHNOLOGIE

---

### Sommaire

#### I - Matériels mis en oeuvre

##### A . Hydrosphère

- 1°/ - description des chambres
- 2°/ - pupitre de commande
- 3°/ - contrôle des pressions
- 4°/ - contrôle de la température
- 5°/ - liaisons avec les plongeurs
- 6°/ - alimentation en eau
- 7°/ - nourriture
- 8°/ - confort

##### B . Appareillage de mesure

- 1°/ - analyse des gaz
- 2°/ - mesures physiologiques
- 3°/ - appareils enregistreurs

##### C . Equipement individuel des plongeurs

- 1°/ - vêtements de plongée
- 2°/ - appareils respiratoires

.../...

II - Système de manipulation et de régénération des gaz

- 1°/ - approvisionnement et stockage des gaz
- 2°/ - régénération des gaz pendant l'expérience
- 3°/ - récupération des gaz utilisés

III - Mesures de sécurité

- 1°/ - chambres
- 2°/ - tuyauteries et vannes
- 3°/ - alimentation en énergie
- 4°/ - régénération des gaz
- 5°/ - appareils respiratoires
- 6°/ - incendie
- 7°/ - interventions médicales

IV - Liste, répartition et rôle du personnel engagé dans l'opération

I - Matériels mis en oeuvre

---

A . Hydrosphère (voir plan ci-joint)

1°/ - description des chambres

a) hydrosphère proprement dite

chambre hydro-pneumatique sphérique

(diamètre 5 mètres) volume : 65,45 m<sup>3</sup>

pression de service : 30 bars

Cette chambre remplie d'eau dans sa moitié inférieure (profondeur maximale : 2m80) est séparée en deux parties par un plancher :

. la moitié supérieure, en phase gazeuse, sera aménagée pour permettre aux trois plongeurs d'y vivre et d'y stocker leur matériel.

. la moitié inférieure, en phase liquide, permet d'effectuer des plongées et, de par le volume important disponible (plus de 35 m<sup>3</sup>), de simuler des travaux dans des conditions très proches de la réalité.

b) tourelle de plongée

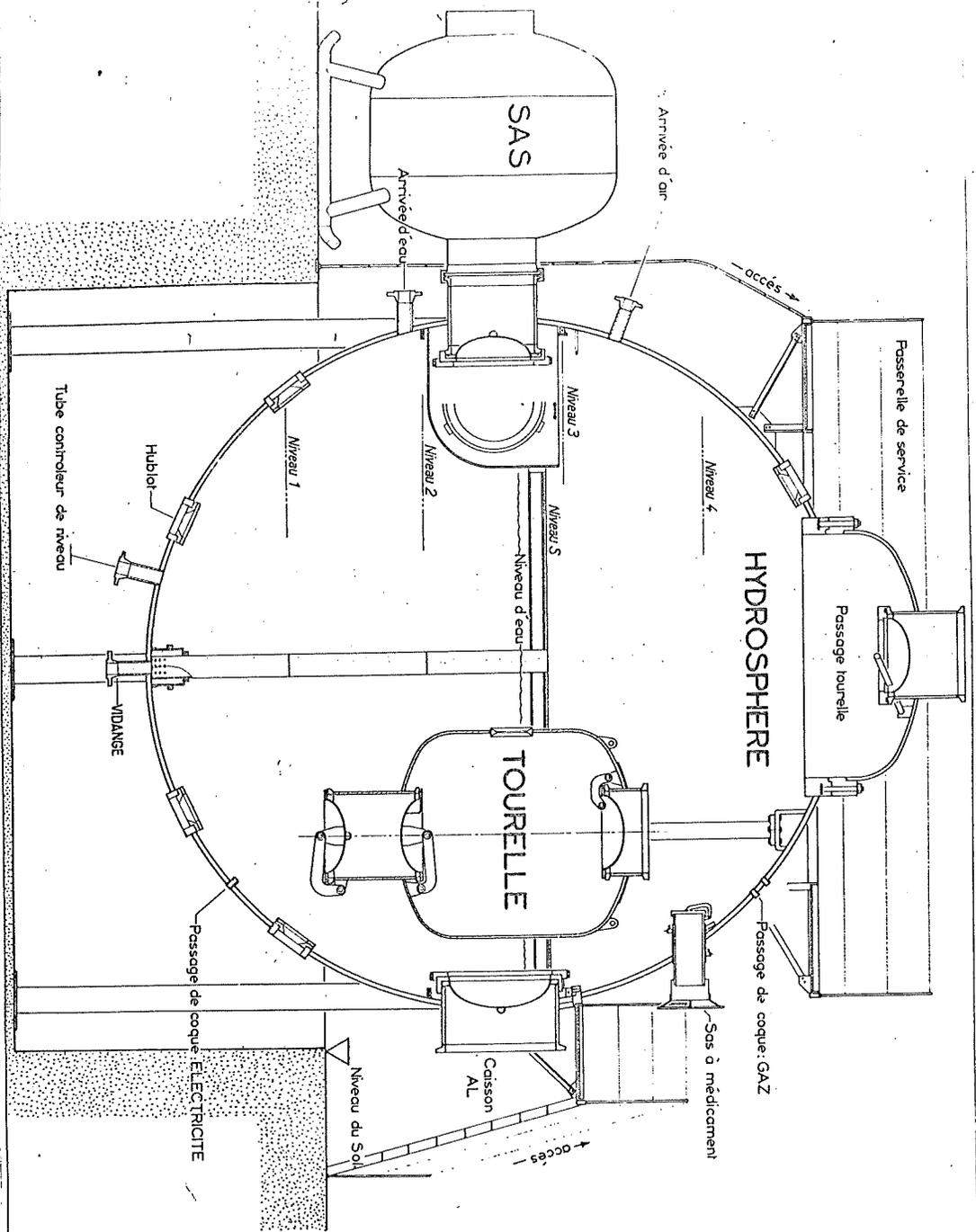
une tourelle classique de plongée profonde est fixée à l'intérieur de l'hydrosphère et permet la simulation totale d'une opération réelle de plongée en mer.

c) caisson-sas "D"

cette chambre clampée à l'équateur de l'hydrosphère, lui sert de sas et de sanitaire (w.c, lavabo, douche)

volume : 3,2 m<sup>3</sup>

pression de service : 35 bars



<b>DOMEX</b>		
<b>HYDROSPHERE</b>		
Coupe redressée		
CEO 30		321

2°/ - pupitre de commande

Un jeu de pupitres et de tableaux situé dans un kiosque attenant à l'hydrosphère permet d'effectuer les opérations suivantes :

- manipulation des gaz : pressurisation, ventilation, décompression, alimentation en mélanges respiratoires.
- commandes électriques : éclairage, régénération de secours, alimentation des prises en différents voltages.

Ils sont équipés :

- d'un jeu de manomètres pour le contrôle des pressions atmosphère-caisson et mélanges respiratoires
- de prises pour l'analyse des gaz où un oxymètre peut être branché en permanence
- de sorties permettant l'aiguillage des gaz de décompression vers les réservoirs de stockage à des fins de récupération
- d'un jeu d'électro-vannes permettant l'utilisation du programmeur de décompression

A noter qu'indépendamment de ces pupitres de commande, chaque chambre est individuellement équipée de :

- une vanne d'admission d'air
- une vanne d'admission de mélange vie
- une vanne d'admission auxiliaire
- une vanne d'échappement
- une vanne d'échappement régulé
- deux clarinettes de distribution de mélanges respiratoires équipées de détendeurs

.../...

### 3°/ - contrôle des pressions dans les chambres

Chaque chambre est équipée d'une série de manomètres Bourdon permettant le contrôle de la pression intérieure.

Le pupitre de commande de chaque chambre est équipé d'un jeu identique de manomètres branché en parallèle sur le précédent.

Un lecteur digital de pression est installé à proximité de l'opérateur de service et peut être relié, à l'aide d'un commutateur, à l'un des capteurs de pression disposé dans chacune des chambres. Il permet de suivre avec une grande précision les profils de pressurisation et de décompression.

La pression des mélanges respiratoires est contrôlée par un jeu de deux manomètres, (indiquant les pressions en amont et en aval du détendeur), incorporés à chaque pupitre.

### 4°/ - contrôle de la température ambiante

Chaque chambre est équipée d'un manothermomètre Blondel permettant le contrôle permanent de la température ambiante.

Par ailleurs, le système de régénération des gaz est suivi d'un échangeur thermique, alimenté en eau chaude ou froide, permettant la régulation de la température ambiante de l'atmosphère et par conséquent la climatisation des chambres.

### 5°/ - liaisons avec les plongeurs

a) un réseau téléphonique RALLY spécialement conçu relie

deux plongeurs en phase liquide, la tourelle, l'hydrosphère et le kiosque de commande.

Ce dernier, ainsi que le sas "D" sont reliés par ailleurs, au réseau général d'interphones du centre (qui a été décrit dans le programme de la phase 1).

- b) un circuit fermé de télévision SONY permet à l'opérateur de surveiller les plongeurs et d'effectuer, éventuellement, des enregistrements sur magnétoscope.

6°/ - alimentation en eau

- a) le sas "D" est équipé de réservoirs d'eau chaude et froide sous pression qui alimentent le lavabo, la douche et le W.C.
- b) la phase liquide de l'hydrosphère est connectée à un ensemble de circulation et de filtrage sous pression incluant un échangeur thermique permettant de la réfrigérer à l'aide d'un groupe CARRIER de grande puissance.

7°/ - nourriture

Le sas à médicaments équipant l'hydrosphère permet le passage des repas et boissons nécessaires à l'alimentation des plongeurs.

8°/ - confort

Le volume relativement important de la phase gazeuse de

l'hydrosphère permet de l'équiper pour des séjours de longue durée dans des conditions de confort acceptables (en attendant l'utilisation d'un caisson-vie clampé sur une des portes équatoriales). Elle est équipée du mobilier nécessaire (couchettes, sièges, table, placards, étagères ....) aux trois plongeurs pour un séjour pouvant atteindre deux semaines.

Le plancher métallique de séparation des deux phases est recouvert d'un plancher en contre-plaqué marine assurant l'isolement thermique et d'un tapis caoutchoucté assurant l'isolement hygrométrique entre l'atmosphère et la phase liquide. Ce plancher est muni d'une trappe permettant d'accéder à la phase liquide sans utiliser la tourelle.

B . Appareillage de mesure

1°/ - analyse des gaz

- a) oxygène : SERVOMEX OA 150  
SERVOMEX OA 127  
BECKMAN 777  
HYDRO PRODUCTS 470

De plus un analyseur hyperbare BIO MARINE (prêté par le fabricant aux fins d'essais) permet, dans l'hydrosphère la lecture instantanée de la pression partielle d'oxygène.

- b) gaz carbonique : UNOR S 2  
BECKMAN MINOS ACDM

- c) chromatographe BECKMAN type GC 2 A

Tous ces appareils ont été décrits dans le programme de la phase I.

2°/ - mesures physiologiques

Celles-ci sont décrites en détail dans le chapitre "ETUDE PHYSIOLOGIQUE" de ce programme.

Sur le plan instrumental, il faut noter l'utilisation du matériel suivant :

- . appareillage d'enregistrement électroencéphalographique ALVAR
- . appareillage d'enregistrement électrocardiographique ALVAR
- . pneumotachographe RD 8
- . thermosondes, type SP, qui, placées en différents points de la peau des plongeurs, permettront l'enregistrement de leur température cutanée, notamment lors des immersions.

3°/ - appareils enregistreurs

Ils permettront l'enregistrement graphique, en continu ou non, des différentes mesures effectuées pendant l'opération :

- . analyses de gaz
- . pneumotachographe
- . température cutanée des plongeurs
- . température ambiante (atmosphère et eau)
- . pression dans les chambres
- etc....

Les enregistreurs utilisés sont :

- l'ELEMA SHONANDER
- l'ELLIOT
- le MECI SPEEDOMAX

déjà décrits dans le programme de la phase I.

## C . Equipement individuel des plongeurs

Différents équipements seront utilisés et testés par les plongeurs afin de déterminer ceux qui sont susceptibles de donner les meilleurs résultats lors d'opérations réelles en mer. Tous ces équipements ont été décrits en détail dans le programme de la phase I

### 1°/ - vêtements de plongée :

#### a) les sous-vêtements

- sous-vêtement BEUCHAT "THERMOLACTYL"
- sous-vêtement SIEBE GORMAN
- sous-vêtements chauffants électriques "SPIROTECHNIQUE" (puissance dissipée maximale 1 kw) prêtés par le fabricant aux fins d'essais à grandes profondeurs

#### b) les vêtements

- vêtement "PHOQUE" classique
- vêtement "PHOQUE" tissu "HANNES KELLER"
- vêtement "DUNLOP"
- vêtement "LAMBDA 8" utilisé soit à sec, soit avec adduction d'eau chaude
- par ailleurs "LA SPIROTECHNIQUE" projette de mettre à notre disposition, pour cette opération, une série de vêtements prototypes dérivés du "PHOQUE" (mais plus évolués) à des fins d'essais et d'évaluation.
- casque PIEL-EFA

### 2°/ - les appareils respiratoires

- détendeur narghilé "MISTRAL"
- détendeur narghilé "AQUILON"
- micro-régulateur PIEL
- déverseur "CYCLO FLOW" avec limiteur de pression
- appareil semi-fermé P 68

II - Système de manipulation et de régénération des gaz

A . approvisionnement et stockage des gaz  
identique à la phase I

B . régénération des gaz pendant l'expérience

l'installation de régénération des gaz, en circuit fermé, du Centre Hyperbare, décrite dans le programme de la phase I sera utilisée sur l'hydrosphère

Elle a été complétée par l'adjonction de filtres supplémentaires (total porté à II) montés en parallèle sur les filtres originaux (au nombre de 5) afin de réduire les pertes de charge du système et de permettre une plus grande souplesse d'utilisation (changement des produits garnissant les filtres sans interruption de marche de l'installation)

C . récupération des gaz utilisés

En plus des réservoirs souples décrits précédemment, nous disposons d'un ensemble de stockage rigide d'une capacité en eau de 36 m<sup>3</sup> permettant le stockage en moyenne pression (jusqu'à 22 bars) de grandes quantités de gaz sous un volume relativement réduit.

Les gaz sont alors recomprimés par les compresseurs du Centre dans les super-cadres de stockage haute pression.

### III - Mesures de sécurité

---

#### 1°/ - chambres hyperbares

En cas de défaillance mécanique grave de l'hydrosphère, celle-ci peut être isolée, les plongeurs se réfugiant dans le sas "D" ou étant transférés par une tourelle extérieure (clampée sur l'ouverture supérieure de l'hydrosphère) dans les caissons-vie du Centre Hyperbare.

#### 2°/ - tuyauteries et vannes

Toutes les vannes d'admission et d'échappement sont doublées. En cas de défektivité d'une vanne ou d'une tuyauterie l'isolement du caisson sera assuré par la fermeture de la vanne de sectionnement correspondante, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la chambre.

#### 3°/ - alimentation en énergie

Un groupe électrogène de secours palliera à une éventuelle panne du réseau et assurera la fourniture de toute l'énergie nécessaire à la poursuite normale de l'expérience, y compris la fabrication des mélanges respiratoires.

#### 4°/ - régénération des gaz

En cas de panne du groupe de régénération principal, la purification de l'atmosphère des chambres sera assurée par un dispositif de secours installé dans chacun des caissons et commandé à partir des pupitres extérieurs.

Ce dispositif est constitué par un ventilateur centrifuge refoulant l'atmosphère du caisson au travers d'une cartouche

de chaux sodée, pour l'élimination du CO<sub>2</sub> et d'une cartouche d'Actigel, pour l'élimination de la vapeur d'eau en excès.

Les produits chimiques garnissent les cartouches seront changés périodiquement par les plongeurs et leur seront approvisionnés par l'intermédiaire des sas à médicaments.

5°/ - appareils respiratoires

De nombreux appareils de rechange sont prévus et d'autres pourront, éventuellement, être fournis aux plongeurs par l'intermédiaire des sas à médicaments.

6°/ - incendie

Pendant toute la durée de l'opération, la pression partielle d'oxygène dans les chambres ne dépassera jamais 600 mbars, le pourcentage restant toujours inférieur ou égal à 24 %, les risques d'incendie sont donc pratiquement nuls en atmosphère d'hélium (aucun rinçage à l'air n'est effectué, même en fin de décompression)

La décompression finale s'effectue sans l'utilisation de mélanges riches en oxygène (pas de port de masques pour les plongeurs). Dans le cas de traitement thérapeutique utilisant de tels mélanges, les plongeurs utiliseront des déverseurs CYCLO-FLOW évacuant les gaz expirés à l'extérieur des chambres.

Chaque chambre est, de plus, munie intérieurement d'une prise d'eau sous pression, équipée d'un tuyau flexible terminé par un embout diffuseur permettant de combattre tout début d'incendie.

7°/ - interventions médicales

En cas de nécessité, elles seront effectuées par l'intermédiaire du sas "D"

#### IV - Role et répartition du personnel engagé dans l'opération

---

##### 1°/ - personnel permanent

- a) un médecin chef de garde en permanence pendant les périodes de saturation et de décompression

Il assure la surveillance physiologique et médicale dirige les examens, tests et explorations effectués, et assume la responsabilité des modifications éventuelles apportées au programme

- b) un ingénieur de coordination

Il assure la surveillance et la coordination de tous les problèmes techniques et logistiques et veille à l'enregistrement minutieux de tous les événements survenant au cours de l'expérience ainsi que des différents paramètres.

- c) un chef de laboratoire-analyste

Il assure le contrôle permanent des gaz d'ambiance, l'analyse des gaz dans l'exploration fonctionnelle pulmonaire des plongeurs, ainsi que le contrôle et l'enregistrement des différents paramètres d'environnement.

- d) un contrôleur des programmes de pressurisation et de décompression

Il est responsable de la pressurisation, du maintien en pression, des pressurisations et décompressions effectuées lors des plongées-travail, de la décompression finale et de la fourniture des mélanges gazeux. Il dirige et contrôle les caissons-masters et effectue lui-même les manoeuvres à chaque phase critique de l'opération.

e) un caisson-master

Il est responsable de la surveillance permanente des plongeurs, des paramètres d'environnement, et du fonctionnement des différentes installations en service.

f) un caisson-master adjoint

Il est chargé de la préparation et de la fourniture des mélanges gazeux, des manoeuvres de sas (transfert de matériel, nourriture, etc...) de la surveillance du système de régénération de l'eau et de l'entretien des installations périphériques (regarniture des filtres de l'installation de régénération des gaz etc...)

g) un aide qui effectue tous les travaux susceptibles d'aider les caissons-masters (et adjoints) dans leur tâche : préparation des mélanges, récupération des gaz, branchement divers, liaisons avec l'extérieur, etc...

2°/ - personnel temporaire

a) un médecin-adjoint, ayant particulièrement participé à l'examen et à la surveillance préparatoire des P.J et étant ainsi, à même de seconder efficacement le médecin-chef dans sa tâche

b) deux autres médecins susceptibles (en plus du médecin-adjoint) d'aller rejoindre les plongeurs dans leurs caissons pour :

- . assistance d'urgence
- . examens de routine

- c) un neurophysiologiste chargé des enregistrements E.E.G
- d) un médecin biologiste chargé des analyses sanguines et urinaires, de leur interprétation et de leur orientation éventuelle en cours d'opération
- e) un psychotechnicien faisant subir aux P.J les différents tests d'aptitude dans les diverses conditions d'environnement
- f) un interne en médecine chargé de l'exploration fonctionnelle pulmonaire
- g) une diététicienne assistée d'une stagiaire qui assureront le contrôle alimentaire des P.J et leur prépareront leurs repas sur place
- h) des aides supplémentaires éventuels pour les opérations de récupération des gaz et de fabrication des mélanges en périodes de pointe.

-:-:-:-:-