



HAL
open science

JANUS II - Phase I

Sa Comex

► **To cite this version:**

| Sa Comex. JANUS II - Phase I. COMEX. 1970. hal-04355060

HAL Id: hal-04355060

<https://hal.univ-brest.fr/hal-04355060>

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.

JANUS II

PHASE 1

La première phase de l'expérience JANUS II ayant été réalisée en avril/mai 1970, nous décrirons son déroulement et rapporterons ses premiers résultats selon le plan ci-dessous :

1°/ - les sujets sélectionnés

2°/ - la période d'entraînement

3°/ - la période de confinement

4°/ - la période de saturation à 200 m et les excursions à 250 m.

5°/ - la décompression

6°/ - observations physiologiques et médicales

- a) état de santé et comportement
- b) capacité d'effort et fonction respiratoire
- c) tests mentaux et psychomoteurs
- d) neurophysiologie
- e) réactions biologiques
- f) diététique
- g) confort et hygiène de l'environnement

7°/ - synthèse et conclusions générales.

1°/ - LES SUJETS SELECTIONNES

A la suite des examens médico-physiologiques et des tests psychologiques, ont été sélectionnés :

P J A - Patrick CADIOU - 25 ans - célibataire

Sujet doué pour la natation (championnats de France), la chasse sous-marine, la plongée et pratiquant intensément les sports aquatiques du fait de l'exemple paternel (le père fut champion du monde et plusieurs fois champion de France de chasse sous-marine)

Professionnel à la COMEX depuis 2 ans, motivé par le "besoin de s'éprouver"

Taille : 1m 79

Poids : 65 kg.

morphotype : longiligne sthénique

Rien à signaler d'important du point de vue somatique

P J B - Christian CORNILLAUX - 28 ans - marié - 2 enfants

Bon nageur - bon plongeur.

Professionnel depuis plusieurs années - motivé par le désir de se perfectionner dans les techniques de plongée à saturation, car il croit à l'avenir de ces techniques et veut être l'un des premiers qualifiés.

Taille : 1m70

poids : 69,5 kg.

morphotype : médioligne sthénique

Du point de vue somatique, rien à signaler d'important.

P J C - Michel LIOGIER - 28 ans - célibataire

Bon nageur - a fait des compétitions de nage avec palmes.

Plonge en scaphandre autonome depuis 9 ans.

Professionnel depuis 1969 -

Motivité par une certaine curiosité d'esprit et par l'espoir d'une meilleure qualification professionnelle.

Taille : 1m 81

poids : 80 kg.

morphotype : longiligne sthénique avec légère surcharge graisseuse.

Du point de vue somatique, rien à signaler d'important.

Gérard MIREY - 25 ans - marié - 4 enfants

a été choisi comme remplaçant.

Nous en reparlerons à propos de la Phase II à laquelle il participera, car il nous a semblé plus qualifié pour les épreuves opérationnelles et les essais d'équipement que pour les investigations physiologiques.

2°/ - LA PERIODE D'ENTRAINEMENT

De la période d'entraînement, nous ne saurions dire beaucoup plus que ce que l'on peut lire dans le protocole expérimental de la phase 1, si ce n'est que le retard apporté à la mise en confinement (la préparation technique ayant pris plus de temps que prévu) cette période a été prolongée de 5 semaines.

Durant 11 semaines et 5 jours par semaine, quatre heures par jour d'entraînement physique (stade, piscine et mer) ont amené les P J B et C au sommet de leur forme, tandis que le P J A paraissait au contraire souffrir d'un léger surentrainement (à moins qu'il n'ait été moralement affecté par l'attente de l'épreuve trop souvent prolongée).

Au total : bonne préparation physique, indispensable à des hommes devant aborder les inconnues de la vie et du travail dans une nouvelle zone de profondeurs.

Préparation technique satisfaisante puisqu'ils pouvaient s'intéresser à la mise au point de ce qui allait être leur environnement (environnement dont ils ne pourraient se sortir qu'en 4 jours en cas d'inadaptation dramatique).

Préparation morale moins bonne du fait des retards successifs, toujours générateurs d'anxiété plus ou moins ressentie.

3°/ - LA PERIODE DE CONFINEMENT

Les 3 P J s'installent dans les caissons le 15.04 dans la soirée.

On plaque les portes à 21h30.

L'atmosphère est stabilisée après plusieurs ringages.

La composition est la suivante :

	mini.	%	maxi.
Oxygène	20		22
Azote	7		18
Gaz carbonique	0,01		0,5
Q.S Hélium	60		73
Humidité relative	50		90

et elle demeurera relativement stable entre ces deux extrêmes.

Le programme journalier a été réalisé ainsi :

LE 16.04.70

Premier jour de confinement : J - 8

- 06:00 à 08:00 Réveil - petit déjeuner
- 08:00 à 10:00 Test d'effort à l'ergomètre pour
P J A - P J B - P J C en stand by
Essai de l'ergomètre en position haute
- 10:00 à 11:00 fin de la plongée
Aménagement caisson - rangement matériel
- 11:00 à 12:00 repos
- 12:00 à 16:00 repas - sieste
- 16:00 à 18:00 tests divers et essais d'appareils
(spiral illusion - ergographe - odd even test)
enregistrement E.C.G. - E.E.G
- 18:00 à 20:00 casse croûte et préparation plongée
- 20:00 à 22:00 plongée travail
P J C et A habillés en Dunlop
Tests d'effort sans appareil respiratoire
10 min. effort - 5 min. repos - 10 min. effort (schéma provisoire)
- 22:00 fin de la plongée - diner
- 23:00 sommeil

Le 17.04.70

Deuxième jour de confinement : J - 7

06:30	Réveil
07:00 à 09:00	prises de sang - radiographies petit déjeuner habillage PJ B et C en "Phoque" P J A reste en stand by
09:00 à 11:00	tests psychotechniques
11:00 à 12:00	fin de la plongée - rangement matériel - aménagement
12:00 à 16:00	repas - sieste
16:00 à 18:00	essais pneumotachographe
18:00 à 20:00	casse-croûte préparation plongée 2 P J habillés en phoque (A et B) le P J C en stand by
20:00 à 22:00	plongée - ergomètre hors de l'eau
22:00 à 23:00	fin de la plongée aménagement caisson - diner - sommeil

Le 18.04.70

Troisième jour de confinement - J -6

06:00 à 08:00

Réveil - petit déjeuner
préparation de la plongée
P J A s'équipe d'un "Phoque"
P J C s'équipe d'un "Dunlop"

08:00 à 10:00

plongée :
P J C test d'effort (pneumotachographe)
10 min. effort - 10 min repos - 10 min. effort
P J A manoeuvre de l'ergomètre

10:00 à 10:30

fin de la plongée
rangement du matériel

10:30 à 11:15

radiographies - examens médicaux

11:15 à 12:00

repos

12:00 à 16:00

repas
sieste

16:00 à 18:00

réglage des appareils d'exploration fonctionnelle respiratoire
tests divers

18:00 à 19:30

casse-croûte
habillage P J B en "Dunlop" - P J C en "Phoque"

19:30 à 22:00

tests respiratoires à 10 mètres fictifs
P J B - ergomètre - réglage et essai du pneumotachographe - durée 15 min
test d'effort 10 min
repos 10 min
effort 10 min
repos 10 min
test au repos 10 min

1 h 05 min

P J C en "Phoque" travail de positionnement de l'ergomètre	10 min
réglages et essais	15 min
test d'effort	10 min
repos	10 min
effort	10 min
repos	10 min
test au repos	10 min
remise en place ergomètre	7 min
	<hr/>
	1 h. 22 min

Total général 2 h. 27 min.

22:00 à 23:00 aménagement -- repas

00:00 à 07:00 E.E.G sommeil

Le 19.04.70

Quatrième jour de confinement - J -5

07:00 à 08:45

Réveil - petit déjeuner

habillage P J A en "Dunlop" - P J B en "Phoque"

P J C reste en stand by

08:45 à 11:30

P J A réglage et essais du pneumotachographe	durée	15 min
ergomètre en position intermédiaire - test d'effort		10 min
	repos	10 min
	test d'effort	10 min
	repos	10 min
	test au repos	10 min

1 h 05 min

P J B en "Phoque"

réglage et essais du pneumotachographe - durée	15 min	
ergomètre en position intermédiaire - test d'effort	10 min	
	repos	10 min
	test d'effort	10 min
	repos	10 min
	test au repos	10 min

1 h 05 min

11:30 à 12:00

fin de la plongée - aménagement caisson

repos

12:00 à 16:00

repas - sieste

16:15

plongée

P J C s'habille en "Phoque"

P J A s'habille en "Dunlop"

P J B reste en stand by

.../...

16:30 à 19:00

P J C - réglage et essais du pneumota-
chographe - durée

	15 min
test d'effort	10 min
repos	10 min
test d'effort	10 min
repos	10 min
test au repos	10 min

1 h 05 min

P J A - réglage et essai du pneumota-
chographe - durée

	15 min
test d'effort	10 min
repos	10 min
test d'effort	10 min
repos	10 min
test au repos	10 min

1 h 05 min

19:15

sortie caisson

- Réflexions sur cette épreuve :

Ces 4 jours de confinement comportaient trop de nouveautés et d'improvisations pour avoir une grande valeur comparative du point de vue physiologique.

Ils ne nous ont pas permis de préciser quelle serait l'importance du facteur claustration dans les 8 jours de saturation à 200 m. Nous disons bien de préciser car en fait, nos impressions sur l'importance de ce facteur demeurent quand même valables. Il faut en tenir compte : il faudra tout faire pour accroître le confort des plongeurs condamnés à vivre dans une certaine promiscuité, et consacrer à chacun un "territoire personnel" lui permettant de se réserver des moments d'intimité.

Mais la grande différence entre ce confinement et celui de la saturation c'est qu'il peut toujours en sortir en quelques minutes, alors que dans le second cas il se sait condamné à y rester autant de jours qu'il sera nécessaire pour la décompression (mêmes contraintes psychologiques dans les capsules spatiales). *deja fait et vu en saturation E P I D II - Chateau*

En revanche, le confinement nous a été très utile pour :

- 1°/ - permettre aux plongeurs de s'installer dans leur habitat et de s'y accoutumer
- 2°/ - mettre au point leur programme journalier et tous les petits problèmes "d'intendance" de nourriture, de passages de sas (qu'il faut éviter de multiplier) etc... etc...
- 3°/ - s'assurer du fonctionnement de la régénération, dont la mise au point nous avait donné tant d'inquiétude
- 4°/ - évaluer ce qui pourra être matériellement réalisable dans le cadre de durée des plongées bi-quotidiennes
- 5°/ - régler les appareils de contrôle de l'atmosphère de l'enceinte, dont certains sont nouveaux mais desquels nous obtiendrons des performances remarquables (dosage du CO₂)

.../...

6°/ - mettre au point l'appareillage de mesures physiologiques et psychotechniques, en particulier l'ergomètre qui est un prototype dont nous n'avons pas été entièrement satisfaits, mais qui, malgré bien des déboires, a tout de même fonctionné et nous permet de réaliser le modèle peut-être définitif pour les tests d'effort de la phase 2.

Il aurait été en effet facile d'adopter la classique bicyclette ergométrique, mais d'une part, le pédalage n'aurait eu aucune valeur dans l'eau, et d'autre part il y avait intérêt à faire faire aux plongeurs un effort comparable à celui pratiqué dans leur travail courant. Or, dans les travaux sous marins, ce ne sont pas les membres inférieurs qui fournissent l'effort musculaire, mais bien les membres supérieurs.

La réalisation de l'ergomètre destiné à mesurer l'effort des membres supérieurs et à fonctionner dans l'eau, constitue vraiment une nouveauté en ergonomie. Si nous ne l'avons pas réussi du premier coup, la période de confinement aura permis de le roder assez pour qu'il soit utilisable lors de la saturation, et qu'à partir de là, nous puissions l'améliorer encore jusqu'au modèle définitif.

7°/ - permettre aux plongeurs de s'entraîner à la réalisation des divers tests d'effort et à l'utilisation des appareils respiratoires.

En effet, si ce confinement n'autorise pas une étude comparative des performances et des réactions respiratoires aux diverses pressions, il a habitué les P.J aux appareils et permis de ce fait une meilleure interprétation des résultats obtenus à 250 m.

8°/ - mettre au point les tests psychotechniques (dans ce domaine les répétitions ne sont jamais superflues) et habituer les plongeurs à les exécuter dans un espace réduit comportant un certain inconfort. Ce qui permettra tout de même (bien que nous soyons encore loin d'avoir atteint la perfection) de se faire une idée de l'influence de la pression sur les performances mentales et psychomotrices.

cas n° 1
mitaie

*celle de p...
Appareils*

4° - LA PERIODE DE SATURATION A 200 METRES

ET LES EXCURSIONS A 250 METRES

Jour J 1 - le 24.04.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

OBSERVATIONS	chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg Dans l'atmosphère détendue	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
<p>Le (23) dans la soirée, préparation des P. J Elctrodes EEG en fil d'argent cousu, soudé aux fils de la prise cranienne. Opération réalisée par le Dr. NAQUET. Pour cette préparation (EKG et autres compris) il faut compter 1 h. par plongeur. On devait pressuriser à 10 h. malheureusement panne de l'E.E.G, d'où retard de plus de 2 h.</p>							
<p>Le (24) mise en pression - 6 rinçages à 10 mètres Départ pressurisation 100 mètres 150 mètres Départ des 150 m après palier Arrivée à 200 mètres Cadiou se plaint de légers vertiges Trop d'O₂ parce que l'on n'a pas pressurisé à He pur par crainte d'un passage en hypoxie. En fait cette crainte était vaine, vu le brassage très satisfaisant. Les P.J s'installent pour dormir - E.C.G normaux</p>	00 36 00 46 00 51 01 12 01 22 01 57 02 10 02 25	0 à 10 100 150 200	28 27,5 30	3;81 1,82	17,7 5 3,9 2,8	10	8,9 1,52 0,71

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
				Dans l'atmosphère détendue			
Cornillaux se plaint du froid	04 00		30		3	80	
Cadiou - Liogier se sont plaint de l'humidité	06 00		33		3	210	
Réveil des plongeurs - petit déjeuner	07 00		34	1,64	2,85	260	0,72
Le moral général n'est pas excellent	08 00		33	1,80	2,8	310	0,82
Cadiou se plaint d'avoir froid, mais ses vertiges ont disparu	09 20			1,80	2,8		0,72
Descente à 250 m en 4 minutes	10 01		28,4	1,55	2	80	0,75
Liogier) Cornillaux) vertiges							
Cornillaux) sensation de déséquilibre	10 05	250			2,2	80	0,85
Liogier à l'eau, en Phoque/Aquilon/cyclo-flow	10 17		28,5	1,55	2	77	0,75
Travail : installer l'ergomètre en position haute							
tâche difficile - on arrive mal à fixer la chaise							
Liogier s'essoufle - il doit respirer dans le caisson	10 35	250					
Malgré la surpression (39) au narghilé, on doit cou-							
per le cyclo-flow	10 36						
Début remontée	11 01	202	30,2	1,05	2,2	80	0,76
La lère plongée a duré 1 h de 10 à 11 h							
Liogier doit se remettre à l'eau pour placer défini-	11 11	200			2,25		
tivement la chaise en position basse							

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
Liogier et Cornillaux ont eu des arthralgies							
Déjeuner	13 00		29,5		2,25	200	
Le repas jusqu'au retour de la vaisselle, dure 1 h	14 12		30	2,1	2,25	146	0,76
Sommeil	15 00		30		2,25	200	0,71
Fixation de la chaise au fond et vérification du compteur	15 08		30,5	1,82	2,25	66	0,79
(Cornillaux dans l'eau)	17 10		29	1,46	2,20	146	0,78
Début descente à 250 m (10 minutes)	19,27						
Arrivée à 250 m	19 37	250					
Liogier : épreuve d'effort							
N'aura d'utilité que pour la mise au point du test	19 50	250	32	2,7	2	65	
car le compteur est tombé en panne							
Début remontée	20 52						
La 2ème plongée a duré 1h25 - de 19 30 à 20 55	21 04		35		1,9	150	
La remontée a duré 12 minutes		200			1,9		
Les deux premières plongées n'ont été que de rodage							
Elles ont mis en évidence la nécessité d'une descente							
moins rapide que prévu. Lors de la 2ème en 10 minutes							
les P.J n'ont ressenti aucun vertige.							
Repas du soir en 45 minutes	22 20		30,5		2		

Jour J 2 - le 25.04.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂	N ₂ %
J 1 n'a pas été une journée d'euphorie. Cadiou a eu froid. Au coucher, il était agité de tremblements et démoralisé. Il prendra, à l'avenir 6 asparoxine et 2 Guromsan par jour. Il faudra aussi qu'il mange davantage.						
01 00	200	31,5		2	95	
08 00		30,5		2	100	0,75
09 20		30,5	2,4	2	173	
09 45						
10 36		27,5	1,2	2	100	0,76
10 46	250	29,5	1,27	2	77	0,76
12 06						
12 18	200					
13 25						
15 00		31	2,4	2	275	0,77

J 1 n'a pas été une journée d'euphorie. Cadiou a eu froid. Au coucher, il était agité de tremblements et démoralisé. Il prendra, à l'avenir 6 asparoxine et 2 Guromsan par jour. Il faudra aussi qu'il mange davantage.

Le taux d'O₂ n'est arrivé à 2 % qu'au bout de 19 h. et encore, grâce aux descentes à 250 m, à l'He pur

Réveil

Cornillaux dans l'eau, consolide l'amarrage de la chaise

Début descente

Arrivée

Tests psycho pour les 3 PJ

Début remontée

La 3ème plongée a duré 1h30 de 10 30 à 12 h.

Repas (durée 55 minutes)

Sommeil. Les 3 PJ dorment mieux à 13h que la nuit

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
Cornillaux se met à l'eau pour réparation du compteur	17 00	200	30		1,9	173	
il travaillera lh30 à la fixation de la pièce réparée, manipulant des vis de 3x8 avec beaucoup d'efficacité	18 25	200	27,5	1,4	2	130	0,79
Fin de la réparation	18 34						
Casse-croûte	19 15		25 (1)		2	200	
Liogier s'équipe	19 24						
Début descente	19 34	250		1,1	2,12	131	0,79
Température de l'eau = 25°C							
Liogier à l'eau	19 40	250	28	1,1	2	130	0,79
Test d'effort : 100 W x 2 - Liogier le tient très bien							
Début de la remontée	21 05		30		2	125	
Fin de la remontée	21 18	200					
La 4ème plongée a duré 1h40 de 19 25 à 21 05							
Repas (durée 45 minutes)	22 00		30		2	95	
Cadiou va beaucoup mieux (bien que mangeant assez peu)							
Le moral général est bien meilleur - l'ambiance est même joyeuse par moments							
Sommeil	24 00		30		2	105	

Jour J 3 - le 26.04.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
Les P J se plaignent de la chaleur (!) et un peu de l'humidité	01 00	200	29,5		2	165	
Depuis hier l'aérovap est mis en service 6h/12.	02 00		29		2	150	
Cornillaux se plaint du froid (!)	05 00		29		2	190	
Réveil des PJ et petit déjeuner	08 00						
Cornillaux s'équipe pour la plongée en 15 minutes	09 00						
Début descente	09 19						
	09 29	250	27,5	1,7	2	35	0,54
Cornillaux s'installe sur une chaise - il a un peu froid - tests : ler effort 75 W - 2ème effort 110 W	09 46						
Fin du test E.E.G	10 52						
Début remontée	11 11						
Arrivée à 200 m	11 24	200					
La 5ème plongée a duré 1h52 de 9 20 à 11 10							
Les 2 dernières remontées ont été un peu allongées pour des raisons techniques (récupération des gaz)							
Repas des P.J - il a duré 90 minutes pour que Cadiou puisse manger davantage	13 00		30		2	35	
Les P J se sont ensuite reposés jusqu'à	16 25	200	30	1	2	115	0,60
Ils se reposent mieux durant la sieste que la nuit où ils dorment mal, ont toujours trop froid (ou trop chaud) et sont gênés par l'humidité (étroitesse des	17 40	200	30	1,59	2	20	0,68

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
				Dans l'atmosphère détendue			
Humidité relative : 1 mg à 200 m et 30° = 60 %							
Cadiou s'équipe	19 25	200	30		2	50	
Début descente	19 43						
L'eau de la piscine a été réchauffée à 29°C	19 53	250	30,5	2,71	2	70	0,65
Test d'effort pour Cadiou : 1° 75 W - 2° 60 W	19 55						
Fin du test	21 05		28	2,70	2	70	0,68
Début de la remontée	21 33		30		2	40	
Au cours de la remontée les 3 PJ chantent joyeusement - le moral s'est nettement amélioré	21 45	200					
La 5ème plongée a duré 1h50 de 19 40 à 21 30							
Cornillaux se plaint d'otalgies - lui et Liogier ressentent une petite brûlure trachéale à la respiration	22 00		30		2	90	

Jour J 4 - le 27.04.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
				Dans l'atmosphère détendue			
Réveil des P J	06 00	200					
Pressurisation Dr. Conti - départ (AL)	07 21				2,85		
Arrivée dans le AL	07 31						
Prises de sang (19 minutes) et départ							
décompression Dr. Conti	07 52						
Mise en pression pour la 7ème plongée	09 27					45	
Arrivée à 250 m	09 39	250	30,5				
Séance à sec consacrée aux tests p.m	10 30	250	30,5	2,8	2	25	1,7
Début remontée	11 27						
Remontée en 15 minutes à cause de la récupération							
Arrivée à 200 m	11 42	200	30				
La 7ème plongée a duré 2h de 7 9 30 à 11 30							
Repas (50 minutes)	13 00		31,5		2,20	20	
L'appétit de Cornillaux a diminué, celui de Cadiou							
resté médiocre	14 20	200	27,5	2,5	2,18	115	1,67
Sieste jusqu'à	16 30		28,5		2,20	90	1,72
Essais ergographe et réflexographe	19 15		30,5		2,20	15	
Mise en pression pour la 8ème plongée	21 00						
Température de l'eau = 27,5 °C							
Arrivée à 250 m	21 09	250	29	1,72	2,20	10	1,5

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O	O ₂	CO ₂	N ₂
				mg	%	ppm	%
Pneumo en panne, a dû être réparé La P _i O ₂ ayant été remontée à 600 mb pour l'intervention du Dr. Conti, le taux normal d'O ₂ (2 % = P _i O ₂ : 420 mb) ne s'est rétabli que 18 h. plus tard Début exercice Liogier Fin exercice Décompression Souffle P J La 8ème plongée a duré 2 h de 21 h à 23 h	21 12	250	29	1,72	2,1	10	1,5
	21 47	250	28	2,6	2,1	10	1,5
	22 57	250	27		2	25	
	23 00				2,10		
	00 00	200	29,5		2	25	

Jour J 5 - le 28.04.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
Réveil plongeur - petit déjeuner	06 30	200	29,5		2	50	
Mise en pression	08 00						
Arrivée à 250 m - tests ergographe pour les 3 PJ (Records de Cadiou et de Liogier)	08 10		28		2	30	
Décompression	09 10	250	28	5	1,9	38	1,3
Arrivée à 200 mètres (ralentie par récupération)	09 40						
La 9ème plongée a duré 1h40 de 8 00 à 09 40	09 53						
Repas (durée 45 minutes)	12 15		29		1,9	25	
Cornillaux puis Liogier : réveil après la sieste	16 30		30		1,9	135	
Réveil de Cadiou	17 55						
Début mise en pression	19 00						
Arrivée à 250 m	19 10	250	30			25	
Température de l'eau : 26,5°C	19 37	250	27,5	1,69	1,95	28	1,18
Test d'effort Cadiou (pneumotachographe) satisfaisant							
Début de la remontée	21 00						
Arrivée à 200 m	21 12	200					
La 10ème plongée a duré 2h de 19 00 à 21 00							
Sommeil	00 00		30		1,9	20	

Jour J 6 - le 29.04.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

1 1 3

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
Réveil et petit déjeuner	06 15	200	29,5				
Panne de courant !							
Mise en pression	08 05 08 18	250	30		2	220	
Test d'effort pour Cornillaux avec pneumotachographe	08 40	250	30	2	2	115	1,25
Décompression	10 05						
Température de l'eau : 27° C							
Arrivée au niveau vie	10 15	200	30		2	125	
Préparation du refroidissement de la piscine	12 00		30		1,99	75	
La 11ème plongée a duré 2 h de 08 00 à 10 00							
Déjeuner (dure 3/4 d'h. à 1 h.)	12 45					93	
Sieste	14 00		30		1,95	200	
Réveil	17 15		29,5		2	150	
Mise en pression pour plongée "FROID"	19 01						
On avait pu abaisser la température de l'eau à 18,5°C	19 23	250	24	2	2	240	0,9
Plongeur A : en slip, dans l'atmosphère, respirant l'atmosphère du caisson							
Plongeur B : en slip, dans l'atmosphère, respirant un mélange à la température de l'eau							

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
				Dans l'atmosphère détendue			
Le plongeur C se met à l'eau	19 28		35				
Le plongeur B commence à respirer le mélange re-							
froidi	19 36		32,5				
Stoppé chauffage de l'atmosphère du caisson	19 56		32				
	20 00		31	2,28	2	280	0,9
	20 13		28,5				
Le plongeur B a froid - il s'arrête de respirer							
le mélange refroidi pendant 3 minutes pour se							
couvrir (survêtement de sport + peignoir éponge)	20 25		24				
	20 35		24				
Le plongeur C a froid et sort de l'eau							
Le plongeur B a froid et s'arrête de respirer le							
mélange refroidi							
La 12ème plongée a duré 2h10 de 19 00 à 21 10	21 10						
Remontée	21 21						
Arrivée à 200 m	21 40	200	30	2,1	2	290	1,15

Jour J 7 - le 30.04.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppts	N ₂ %
Réveil plongeurs et petit déjeuner	07 15	200	28		2	30	
Mise en pression	08 30						
Tests psychomoteurs pour les 3 P J	08 40	250	30,5		2	15	
Décompression : début	10 10	250	30,5	2,5	1,96	15	1,15
Arrivée	10 30						
La 13ème plongée a duré 2 h. de 08 30 à 10 30	10 42	200					
Repas	11 30	200	31	5,1	1,95	78	
Fin du repas et début sieste	12 15						
Réveil des P J	13 15		31		2	14	
Mise en pression	17 00	200	30,5	1,13	2	50	
(descente ralentie pour des raisons techniques : préparation des radios)	19 00						
Essai de radiographie à travers le hublot à 250 m (P J 1 2 3 dans l'ordre)	19 22	250	31	2,36	1,95	26	1,3
Test terminé	19 40						
Température de l'eau était à 23,5°C	20 50		30,5	1,5	2	25	1,3
Début remontée	21 10						
Repas (qui durera 1 h.)	21 27	200					
La 14ème plongée a duré 2h15 de 19 00 à 21 10	22 00		29		1,90	60	
Les plongeurs dorment	00 00		28,5		2	40	

⊕ l'UNOR S₂ est si sensible que lorsqu'un P J s'approche de la prise échantillon, la teneur en CO₂ enregistrée,

Jour J 8 - le 1er.05.70

SATURATION

DEROULEMENT DES OPERATIONS

OBSERVATIONS	Chrono	Prof.	Temp.	H ₂ O mg	O ₂ %	CO ₂ ppm	N ₂ %
Réveil plongeur et petit déjeuner	06 30		28,5		2	30	
Mise en pression	08 00	250					
Test d'effort pour Cornillaux (qui paraît en pleine forme)	08 12		29,5		2	40	
Température de l'eau : 22°	09 13	250	27,5	4	1,98	25	1,1
Début décompression	10 00						
Déjeuner (durera 1 h)	10 12	200			2	45	
Sieste (qui durera 2 h)	13 10		31,5		2	10	
Mise en pression	15 00		31		1,95	230	
Arrivée	18 00		29		2	20	
Test d'effort pour Liogier (régulier et en pleine forme)	18 10	250	28,5	2,7	1,95	20	1,05
Fin du test d'effort	19 00	250	28,5	2,36	1,94	25	1,05
La température de l'eau était à 22°	19 25		29		2	35	
Début décompression vers la surface	20 00						

5°/ - LA DECOMPRESSION

Commentaires :

La table de remontée utilisée pour cette phase représente une innovation dans ce sens qu'elle s'inspire en partie des remontées de 220 m de BUHMANN à partir desquelles on a pu établir les points suivants :

- le tissu le plus lent au fond est le tissu de période 180 minutes
- à la remontée, très rapidement et surtout dès que les plongeurs se reposent, sa période augmentera : 240 minutes
- les valeurs M adoptées pour le tissu 180/240 partent de

MO = 51' ϕ avec un delta M de 10'1/2 au lieu du
delta M de 10' adopté précédemment.

L'innovation est surtout dans ce dernier point. En fait les M ainsi dessinés et malgré le passage précoce au tissu 240, autorisent une remontée assez rapide au début, et c'est sans doute là que se trouvait le risque.

La remontée commençant dès la fin de la plongée de 2 h. à 250 m, on partait d'un niveau de saturation de 225 m (sous une PiO_2 de 420 mb) Du fait qu'il ne s'agissait plus d'un Ludion, il n'était pas question de décompresser de 250 à 200 m en 10 minutes. Le calcul donnait :

- . 4 minutes pour aller à 220 m
- .56 minutes pour aller à 206 m
- 140 minutes pour atteindre 192 m

Ensuite, les pentes successives de remontée s'établissent en moyenne comme suit :

ϕ signifie foot *fonction en France ne se écrit en m*

- entre 192 et 120 m = 2,56 m à 1'heure
- entre 120 et 60 m = 2,25 m à 1'heure
- entre 60 et 24 m = 1,68 m à 1'heure
- entre 24 et 6 m = 1,32 m à 1'heure
- et de 6 m à la surface = 1,20 m à 1'heure

Il s'agit, on le voit, d'une courbe et non pas d'une droite - cet aspect étant essentiellement dû au nouveau ΔM adopté.

ne voit rien

Etant donné l'expérience acquise des rares accidents notés au cours des décompressions de saturation (apparition des "pains" vers 50') la lenteur de la remontée terminale paraissait prudente, tandis que la vitesse de la remontée initiale permettait d'obtenir des décompressions moins désespérément longues que celles auxquelles nous étions habitués. Citons quelques exemples :

- A - remontée de Ludion 1 (sous une PiO_2 de 500 mb)
- jusqu'à 15 m 1,75 m à 1'heure
 - de 15 m à la surface 1,25 m à 1'heure
- impression d'être restés bien en deçà de la zone de sécurité.

B

- B - remontée de Ludion II (sous une PiO_2 de 400 mb)
- une seule pente = 72 h. pour remonter de 85 m à une vitesse de 1,23 m par heure
- Cela paraissait très prudent et pourtant il y a eu quelques passages de bulles au niveau des poignets et des bras.

Alors

- C - remontée de JANUS 1 (sous une PiO_2 constante de 500 mb)
- elle commence au début du séjour à 90 m sitôt après la dernière plongée et se continue par palier de 6 m en 6 m jusqu'à la surface par des remontées lente entre chaque palier. Durée totale 3900 minutes, c'est à dire 65 h.

La profondeur de saturation équivaut à 100 m
 Vitesse moyenne de remontée : 1,54 m/heure

Tout se passa sans le moindre incident, et cette décompression représentait un léger progrès par rapport aux précédentes.

lesquelles

D - remontée du Ludion 82/102 - campagne de l'Astragale - été 1969

La décompression partait de 82 m sous une PiO_2 de 4 à 500 mb
les pentes étaient les suivantes :

- de 82 à 13 m 1,45 m à l'heure
- de 13 m à la surface 1,30 m à l'heure

Ces remontées réalisées plusieurs fois en chantier, n'ont jamais donné lieu au moindre incident, mais comparativement aux performances de BUHLMANN elles sont vraiment très longues et peut être bien en deçà de la zone de sécurité.

Partant d'une profondeur beaucoup plus grande, il était intéressant de voir si l'on ne pouvait pas remonter plus vite, d'où l'adoption de cette nouvelle table, calculée sur la base d'un deltaM plus avantageux, car il faut considérer son avantage opérationnel, en effet :

- si la remontée de 225 m devait avoir lieu à la vitesse de Ludion II, elle durerait 183 heures, c'est à dire 1 semaine plus 1/2 journée.
- si elle devait avoir lieu à la vitesse de JANUS I, elle durerait 146 heures, soit environ 6 jours.

ou est le calcul

Donc, suivant la méthode la plus avantageuse, celle adoptée pour JANUS I, la remontée devait prendre 6 jours. Il était intéressant de chercher à gagner 48 heures. Nous n'y sommes pas parvenus, des incidents se sont produits qui nous obligeront à réviser notre méthode de calcul.

Cette remontée aura été la plus instructive de toutes sur de nombreux points. Elle nous aura, en particulier, permis de jalonner de bornes évidentes les frontières de la sécurité, et il nous semble bien qu'en respectant ces frontières, nous pourrions tout de même gagner au moins 20 à 30 % sur les temps de remontée classiquement

admis jusqu'à présent pour des profondeurs moins grandes.

On trouvera ci-dessous :

1°/ - le programme de décompression tel qu'il avait été envisagé

2°/ - la décompression telle qu'elle a été réalisée avec les incidents qui ont marqué le cours.

PROGRAMME DE DECOMPRESSION (PREVU)

Du vendredi 1er mai)

SATURATION

au mardi 5 Mai 1970)

Heures	Prof.	vitesse en cm par 10 min	% O ₂	Jours	Heures	Prof.	vitesse en cm par 10 min	% O ₂	Jours
20 00	250			Vendredi 1er	20 00	30	26		Passage air
04	220				00 00	24	25		
21 00	206	250			04 10	18	24		Mardi 5 mai
23 20	192	100	2,10		08 30	12	23		
		54		10 00	10	22			
03 00	180	52	2,20	11 45	9	22	O ₂		
06 50	168	50	2,33	12 20	7	22			
09 30	160	50	2,49	13 10	6	21			
10 50	156	48	2,50	14 50	4	20			
15 00	144	46	2,68	15 40	3	20			
19 20	132	44	2,80	17 20	1	20			
23 50	120	42	3,23	18 10	0	20			
04 30	108	40	3,50	Dimanche 3 mai	12 à 10 m AIR 10 à 9 m O ₂ 9 à 7 m AIR 7 à 6 m O ₂ 6 à 4 m AIR 4 à 3 m O ₂ 3 à 1 m AIR 1 à 0 m O ₂				
09 30	96	38	4,00						
14 50	84	35	4,42						
20 30	72	33	5,37						
02 30	60	31	6,00	Lundi 4 mai					
05 40	54	30	6,46						
09 00	48	29	7,62						
12 30	42	27	8,40						
16 10	36		9,33						

Les profondeurs marquées indiquent les passages.

DECOMPRESSION (REALISEE)

Jours	Heures	Prof.	vitesse en m/h	Observations	PiO ₂ (mb)	
					caisson	masque
1 V (J 8)	20 00	250			520	
	20 04	220	7,5 m/min		480	
	21 00	206	19		450	
2 V (J 9)			5,3			
	00 00	190			400	
	03 00	180	3,3	Sommeil	420	
	06 00	171	3		415	
	10 00	158,5	3	Passage dans A L P J B douleur bras droit P J C douleur jambe droite	435	
	14 00	147			410	
	19 00	133	2,8			
	20 40	128,5		Les douleurs, insignifiantes au début, vont en s'accroissant. Ils prennent 2 comprimés de véganine P J A ne ressent rien Décision : palier de 2 h. PiO ₂ à 700 mb	388	
	21 00		0		450	
	22 40			Soulagement des douleurs	700	
24 00	127		Sommeil	685		
3 V (J10)			1,25			
	08 00	117			635	
	12 00	109	2		565	
	20 00	93	2	P J B se sent très bien P J C souffre toujours un peu de son membre inférieur droit - un peu comme d'une lombo-sciatique	495	
	23 00	87	2		590	
	00 00	85	2	On a décidé de passer à PiO ₂ = 600mb pour la nuit	595	
4 V (J11)			2	Sommeil		
	05 00	75			595	
	10 00	65			550	

Jours	Heures	Prof.	vitesse en m/h	Observations	PiO ₂ (mb)	
					caisson	masque
5 V (J12)	16 00	53	2		485	
	21 00	43	2		500	
	00 00	37	2	On décide de passer à PiO ₂ = 600 mb pour la nuit Sommeil	610	
	03 00	31		P J B réveillé par douleur genou gauche		
	03 15	30,5		P J C réveillé par douleur jambe P J A rien à signaler P J B et C prennent le masque 50/50 = O ₂ /He et palier		2012
	04 00		0	P J B et C enlèvent le masque	860	
	04 15					
	04 45			P J B et C remettent le masque 50/50	950	2012
	04 50	30,5		Fin du palier - douleurs atténuées	920	
	07 08	28	1,25	Prises de sang (Dr. X. FRUCTUS)		
	07 40	27	1,25	P J B et C <u>ne souffrent plus</u>		
	08 40	25,5	1,25	P J B et C remettent le masque 50/50 = O ₂ /He pendant 1 heure		
	10 00		1,20		850	
	10 30	23,5	1,20	P J B et C remettent le masque pendant 1/2 heure	780	1675
	11 00	22			710	
	11 30	20,5	1,50	P J B et C remettent le masque pendant 1/2 heure -		1550
	12 00			P J B a des picotements au bout des doigts		
	13 10	18	1,50	P J B et C remettent le masque pendant 1/2 heure		1400
	13 40			Passage à l'air	620	
	15 10	16,50	1,25	Les 3 P J se baignent et sont joyeux	560	
16 00	15	1,25	P J B et C remettent le masque O ₂ pur, pendant 1/2 heure	525	2500	

Jours	Heures	Prof.	vitesse en m/h	Observations	PiO ₂ (mb)	
					caisson	masque
17 30 6 V (J13)	17 30	13	1,25	Les 3 P J passent sur O ₂ pendant 1/2 heure	685	2110
	21 10	8,30		Les 3 P J passent sur O ₂ pendant 1/2 heure		1830
	22 45	6,22	1,25	Les 3 P J passent sur O ₂ pendant 1/2 heure	490	
	00 00	4,60		Mr. Rostain enlève les électrodes des 3 P.J		
	00 45	3,50	1,23	Les 3 P J passent sur O ₂ pendant 40 minutes	275	1350
	02 45	1		Les 3 P J passent sur O ₂ et y restent jusqu'à la sortie		1100
	03 44	0				

Que cela veut il dire ?

6°/ - OBSERVATIONS PHYSIOLOGIQUES ET MEDICALES

L'entière exploitation des résultats des observations physiologiques et médicales n'est pas encore réalisée à cause du temps que cela demande. *Muu*

Par ailleurs, elle sera meilleure à la lumière des observations des phases I et II.

C'est dans le rapport final de toute l'opération JANUS II que ces résultats prendront toutes leurs significations.

Mais nous pouvons, d'ores et déjà, fournir des renseignements importants - et précieux pour les autres phases - du comportement des P J au cours de cette première saturation et des tests qu'ils ont subis.

Cette étude physiologique a été réalisée avec la collaboration de :

Mademoiselle le Docteur J. BONNOT
Mesdemoiselles G. SEGUI (diététicienne) - F. HERTEMAN (psychologue)

Des Docteurs :
R. NAQUET - J.M FELICIANO - V. CONTI - F. SICARDI - R. RISPE -
P. FRUCTUS - S. GELLER - M. NOEL - JC.JARDEL - VALLET - M. PONTUS
et de Monsieur J.C. ROSTAIN

a) - Etat de santé et comportement :

Le comportement des plongeurs a témoigné leur adaptation assez rapide à ces nouvelles conditions d'environnement.

Voici un résumé des observations sur l'état de santé et le comportement de chaque P J.

LIOGIER

A paru légèrement affecté par la mise en pression et a présenté des vertiges à l'arrivée à 200 m.

La première nuit n'a pas été bonne, et le premier effort sous l'eau (au jour J 1) mal supporté.

Le poids était de 80 kgs. au début de la saturation.

L'appétit normal.

Les douleurs articulaires (arthralgie des hautes pressions) sont apparues dès le début à presque toutes les articulations.

Au jour J 4 tout allait bien, sauf une mycose des pieds et quelques douleurs gastriques.

Le poids était de 79,5 kgs.

Les articulations toujours affectées.

Au jour J 6 très satisfait de ses nuits et de ses siestes, il sentait qu'il avait retrouvé sa forme malgré les douleurs articulaires persistantes.

Mycose des pieds s'atténuant sous l'effet du traitement, presque plus de douleurs gastriques.

Bon appétit - poids 79 kgs.

Au jour J 7, rien à signaler, sauf les douleurs et craquements articulaires auxquels il finit par s'habituer.

Les tests d'effort témoignent de sa parfaite adaptation.

Dès le début de la décompression, les arthralgies des hautes pressions ont disparu - plus tard sont apparues d'autres douleurs dues aux bulles (voir : 5°/ Décompression) - mais l'état général est demeuré bon.

Les inhalations d'oxygène à la fin de la décompression ont entraîné une légère irritation broncho-pulmonaire.

Le poids à la sortie s'est rétabli à 80 kgs.

CORNILLIAUX

Fatigué par la mise en pression, état vertigineux à l'arrivée à 200 m.

Première nuit mauvaise, s'est plaint de la température trop variable et du bruit.

Douleurs articulaires assez marquées au début, mais qui iront en s'atténuant.

Poids 70 kgs.

Au jour J 3, se plaint toujours de l'inconfort et du mauvais sommeil, et beaucoup moins de ses douleurs articulaires.

Amaigrissement rapide - poids 67 kgs.

Au jour J 4, nausées au réveil, maux de tête.

Les articulations sont normales, mais il se plaint de fatigue générale dû sans doute au sommeil insuffisant. Il a d'ailleurs présenté une crise d'angoisse claustrophobique vers 2/3 h. du matin au cours de la nuit J 3 - J 4.

Poids 67 kgs.

Au jours J 6, le sommeil s'est amélioré - les siestes sont bonnes d'où fatigue générale moindre, mais persistance des nausées.

Plus de douleurs articulaires - se plaint toujours de l'inconfort de l'habitat.

Au jour J 7 état stabilisé. Petite mycose de l'oreille droite rapidement guérie par le traitement.

Pendant la décompression simplement incommodé par quelques douleurs articulaires dues aux bulles.

Tendance nauséuse persistante le matin au réveil.

Au demeurant l'état général est bon et le poids est remonté à 68 kgs. à la sortie.

CADIOU

Très affecté par la mise en pression, vertigineux à l'arrivée à 200 m et surtout très frileux.

Prétend souffrir d'une angine, bien que son pharynx paraisse normal à l'examen, et que sa température soit à 37°2.

Au soir du Jour J 1 est pris de tremblements comparables à ceux d'une crise de paludisme, et l'on se demande s'il ne va pas falloir l'évacuer. En fait, la nuit J 2 - J 3 est meilleure. Le poids était de 66 kgs. à la mise en saturation.

Au jour J 3, sans avoir subi de traitement spécifique (il a pris simplement un peu d'aspirine et de fortes doses de vitamines C) le plongeur va mieux. Il a moins froid et ne ressent plus qu'une légère courbature.

encore

Lors de descentes à 250 m craquement des chevilles, mais pas d'autres signes du syndrome articulaire des hautes pressions.

Poids 64 kgs.

Au jour J 4, état général très nettement amélioré - poids 64 kgs.

Au jour J 6, satisfait de ses nuits meilleures et de ses siestes de plus en plus longues et reposantes.

Il a nettement ressenti le tournant du 4ème jour, à partir duquel il semble avoir retrouvé sa forme.

Petite mycose de l'oreille gauche rapidement guérie.

L'appétit est toujours médiocre, et il attribue cela au "changement de vie" - poids 63 kgs.

Dr. B. K. L. King

Au jour J 7, rien de nouveau à signaler.

La décompression sera parfaite sans la moindre sensation de passages de bulles.

Poids 63 kgs. à la sortie.

Dans l'ensemble, les 3 P J après une période critique de 48 h. environ ont réalisé leur adaptation à ce nouvel environnement.

Dans les jours qui ont suivi la sortie, ils ont ressenti la fatigue normale à la suite d'une telle épreuve.

La récupération était déjà nette au bout d'une semaine. Elle aurait sans doute permis la reprise d'un travail normal (mais non excessivement fatigant). Mais nous avons accordé aux 3 P J au total 2 semaines de récupération.

b) - Capacité d'effort et fonction respiratoire :

Actuellement, des expériences de physiologie hyperbare semble se dégager la notion que des phénomènes très importants ont lieu au niveau des poumons pour des pressions équivalentes à 300 m. d'eau de mer.

Ces phénomènes sont capitaux car ce sont ceux qui limitent le travail à de telles profondeurs : leur étude est particulièrement complexe pour différentes raisons.

- d'abord du point de vue technique, les études spirométriques demandent un matériel compliqué qui doit être perpétuellement vérifié et remis au point; une collaboration intelligente et un entraînement poussé des sujets à examiner ainsi qu'un personnel entraîné.
- ensuite parce que les résultats sont essentiellement variables entre différents sujets et qui plus est chez un même sujet ; il en résulte une difficulté d'interprétation qui ne peut se faire le plus souvent qu'à un niveau statistique.
- enfin et surtout, parce que si nous voulons interpréter la réaction physiologique respiratoire, il faut dissocier les phénomènes dus au confinement, de ceux dus à l'action propre de la pression, et enfin de ceux dus aux propriétés physiques et cliniques des gaz en hyperbarie.

(Au delà de cette profondeur de 300 mètres, qui correspond à peu près à celle du plateau continental, les manifestations de souffrance du système nerveux relèguent au second plan les phénomènes respiratoires).

C'est dans cette optique qu'a été mené le début de l'opération JANUS II et c'est pour cette raison que l'étude pneumotachographique y est particulièrement importante.

Part

environ ?

Durant huit jours, trois hommes ont été maintenus à une pression correspondant à 200 m. d'eau, et ils ont été descendus deux fois par jour, 2 heures chaque fois, à une profondeur correspondant à 250 m.

Durant les huit jours de saturation, c'est lors des excursions à 250 mètres, c'est à dire à 19 760 mmHg que nous avons étudié les phénomènes respiratoires ; l'enregistrement d'un plongeur durait chaque fois environ 1 heure 5 minutes.

Le P J revêtu d'un vêtement "Phoque" s'installe sur un appareil ergométrique à bras, situé dans une piscine pleine d'eau de telle sorte que, seule sa tête dépasse hors de l'eau ; il respire alors dans un pneumotachographe type Fleish n° 3.

Méthode 77

Après vérification et étalonnage de l'appareil, nous enregistrons sa ventilation de repos dans les conditions expérimentales durant 10 min. A la 8ème min. on procède à une analyse des gaz qui dure 1 min.

Ensuite, et pendant 15 min. environ, nous étudions les paramètres fonctionnels respiratoires statiques et dynamiques : nous commençons par une Capacité vitale débutant par une inspiration, puis deux Capacités vitales débutant par une expiration ; ensuite, nous continuons par trois VEMS et trois VIMS.

Après ces enregistrements, débute l'épreuve d'effort proprement dite ; elle consiste en un effort de 10 min. à une puissance d'environ 100 W suivi d'un repos de 10 min. puis d'un nouvel effort identique de 10 min et d'un nouveau repos de 10 min. Durant ces 40 min. la ventilation est enregistrée et pendant chaque effort une analyse de gaz est réalisée à la 8ème min. et durant 20 secondes.

Avant chaque expérience, nous indiquons au P J la puissance qu'il doit fournir, mais nous lui recommandons aussi de conserver son

rythme de travail même s'il ne correspond pas exactement à ce que nous lui avons demandé; la puissance exacte de l'effort est continuellement contrôlée par un wattmètre.

C'est ainsi que nous avons enregistré chaque plongeur tout le long de l'expérience, aux jours suivants :

LIOGIER	J 1	J 2	J 4	J 8
CADIOU	J 3	J 5	J 7	
CORNILLAUX	J 3	J 6	J 8	

Les résultats partiels et les conclusions qui suivent ne sont pas définitifs et, en l'absence du contexte d'ensemble, ils ne préjugent en rien des conclusions finales.

- La Capacité vitale ne semble pas varier tout au long de l'expérience.
- Comme l'ont montré différents auteurs, nous constatons une amputation très importante, presque totale, du volume expiratoire de réserve dès le début de l'expérience ; on ne note plus de variations ensuite.
- Ci-dessous les volumes des VEMS et VIMS en volume B T P S étudiés avec le Fleish (chauffé à 37°C) - (courbes 1 et 2)

	Jours	VEMS	VIMS
LIOGIER	J 1	4,3 l/sec	2,7 l/sec
	J 2	5 l/sec	4,4 l/sec
	J 4	5,2 l/sec	4 l/sec
	J 8	4,5 l/sec	5,8 l/sec
CADIOU	J 3	4,2 l/sec	4,4 l/sec
	J 5	4 l/sec	4,5 l/sec
	J 7	4,9 l/sec	4,6 l/sec
CORNILLAUX	J 3	2,4 l/sec	4,6 l/sec
	J 6	4 l/sec	4,9 l/sec
	J 8	3,8 l/sec	5,2 l/sec

Nous constatons qu'au cours de l'expérience, ces paramètres n'ont pas varié de manière significative, si ce n'est la VIMS qui a eu tendance à augmenter.

En outre, dans 4 cas sur 10, la VEMS est supérieure à la VIMS.

- L'enregistrement des ventilations au repos des 3 P J a donné les chiffres indiqués sur le tableau ci-joint.

Nous avons ainsi constaté une ventilation minute très élevée due à un volume courant lui-même très important. Quant à la fréquence respiratoire elle est située dans les limites de la normale tout en étant plutôt faible.

Nous avons remarqué en outre des variations notables de cette ventilation de repos ; elle semble plus influencée par les variations du volume courant que par celles de la fréquence ; en effet, dans 6 cas sur 7 les courbes de ventilation minute et de volume courant varient dans le même sens. Nous sommes actuellement en train d'étudier la cause de ces variations par rapport à la PO_2 , la température de l'air et la température de l'eau.

Pour l'ensemble effort 1 effort 2, on remarque que, pour des efforts semblables ou même pour des efforts dont la puissance a augmenté avec le temps :

- . dans 7 cas / 14 une diminution de la période d'adaptation
- . dans 1 cas / 14 une augmentation de la période d'adaptation
- . dans 6 cas / 14 nous ne pouvons tirer de conclusions.

De même, l'étude des périodes de récupération après effort en fonction de la durée de la saturation montre :

- . dans 6 cas / 13 une diminution de la période de récupération
- . dans 1 cas / 13 une augmentation de la période de récupération
- . dans 6 cas / 13 nous ne pouvons tirer de conclusions.

Ainsi à la vue de ces résultats, nous pensons que les périodes d'adaptation et de récupération ont tendance à diminuer au fur et à mesure que se déroule l'expérience. (voir courbes 3-4-5-6-7-8-9-10)

En outre, la période moyenne d'adaptation pour tous ces efforts et pour les 3 P J est de 6 minutes 3 secondes ; la période moyenne de récupération est de 5 minutes 54 secondes. Cette différence n'est pas significative et nous considérons que les temps d'adaptation et de récupération sont les mêmes.

- Nous ne pouvons pas encore tirer de conclusions quant aux analyses de gaz.

Ainsi, au vu des premiers résultats, nous constatons que le fait que l'homme se trouve placé au début dans un environnement inhabituel, se traduit par une réduction sans doute importante de ses performances.

Tableau des ventilations, volumes courants et fréquences respiratoires au repos de chacun des 3 plongeurs, en fonction de la date

Nom	date	\dot{V} l /min	Vt litre	F	Valeurs moyennes
LIOGIER	J 1	23,6	1,5	16	\dot{V} 22,3 l/min.
	J 2	28	1,4	20	Vt 1,3 l
	J 4	17	1	17	F 17
	J 8	20,8	1,3	16	
CORNILLAUD	J 3	19	1,9	10	\dot{V} 17,3 l/min.
	J 6	14	1	14	Vt 1,7 l
	J 8	18,9	2,1	9	F 11
CADIOU	J 3	13,2	0,8	16	\dot{V} 16,7 l/min
	J 5	16	1	16	Vt 1,1 l
	J 7	20,9	1,4	15	F 16

Pour l'échantillon constitué par les 3 plongeurs durant l'expérience, nous obtenons :

\dot{V} 18,8 l/min.
 Vt 1,4 l
 F 15

- Les plongeurs ont sensiblement augmenté la puissance de l'effort au cours de l'expérience tout en éprouvant une fatigue de moins en moins importante.

LIOGIER	J 2	Effort 1	100 W	Effort 2	95 W
	J 4	"	95 W	"	100 W
	J 8	"	110 W	"	125 W
CADIOU	J 3	Effort 1	65 W	Effort 2	60 W
	J 5	"	70 W	"	80 W
	J 7	"	95 W	"	80 W
CORNILLAUX	J 3	Effort 1	70 W	Effort 2	100 W
	J 6	"	100 W	"	100 W
	J 8	"	135 W	"	135 W

Le plongeur CORNILLAUX le 5ème jour déclare :

" le premier effort était trop facile, mais le second était dur "
 A la fin de l'expérience, nous notons des nausées et des sueurs abondantes.

Le jour J 6 : "j'étais au maximum, je n'aurai pas pu faire plus"

Le jour J 8 : "c'était dur mais j'aurais pu faire mieux" !!!

Cependant, alors même que les plongeurs augmentent la puissance de leurs efforts, les ventilations restent inchangées ou augmentent peu : nous sommes en train de confirmer cette notion et de mesurer avec précision ces modifications.

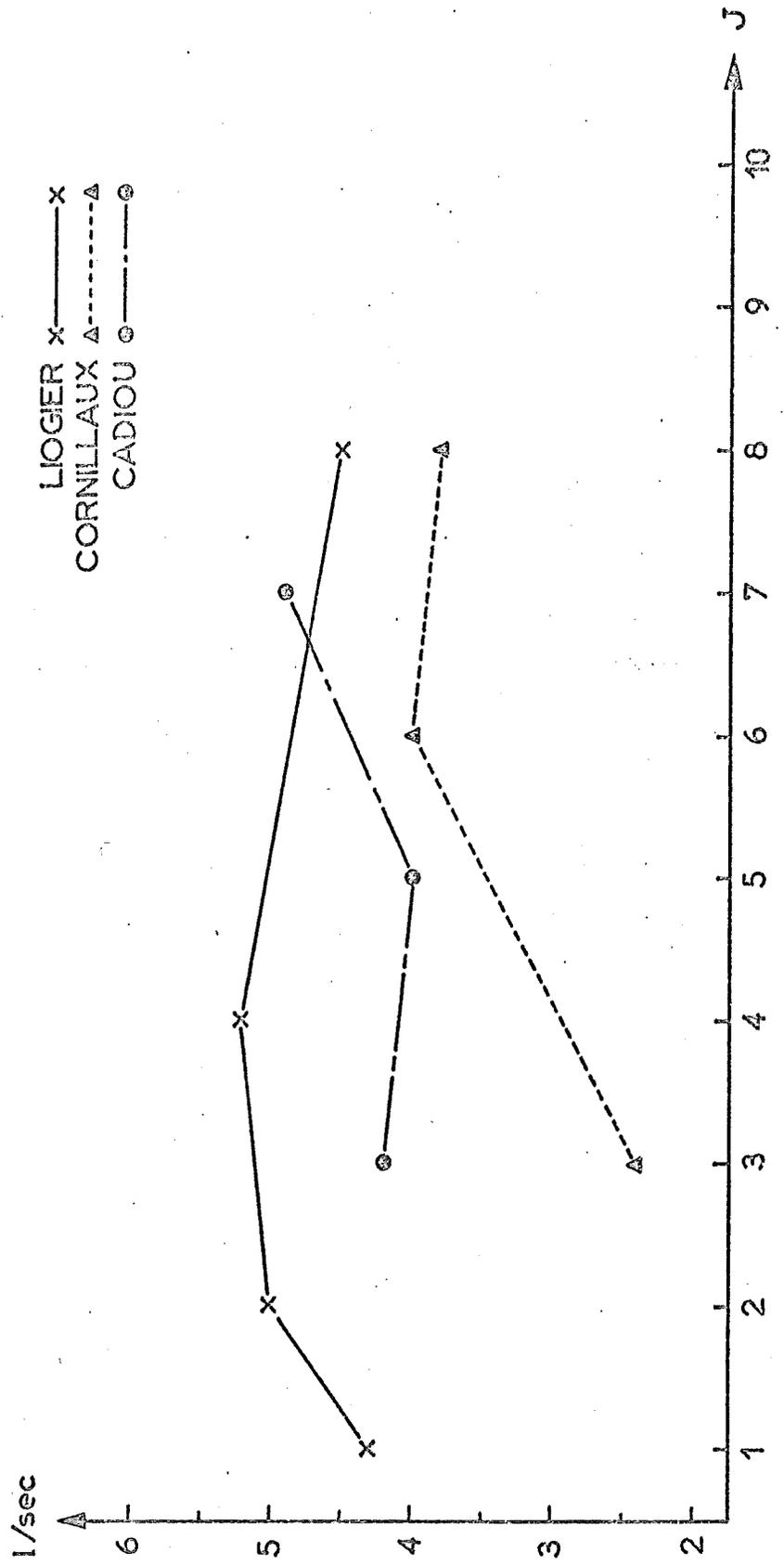
- Durant les épreuves de travail, pour 2 P J sur 3, nous constatons que la période d'adaptation à l'effort augmente en fonction de la durée de l'expérience. Cependant les puissances d'effort ayant elles aussi augmentées en fonction de la date, nous recherchons l'influence de la durée de la saturation sur la période d'adaptation, indépendamment de la puissance.

Au bout de quelques jours s'établit un nouvel équilibre avec récupération d'une partie des possibilités physiologiques et fonctionnelles.

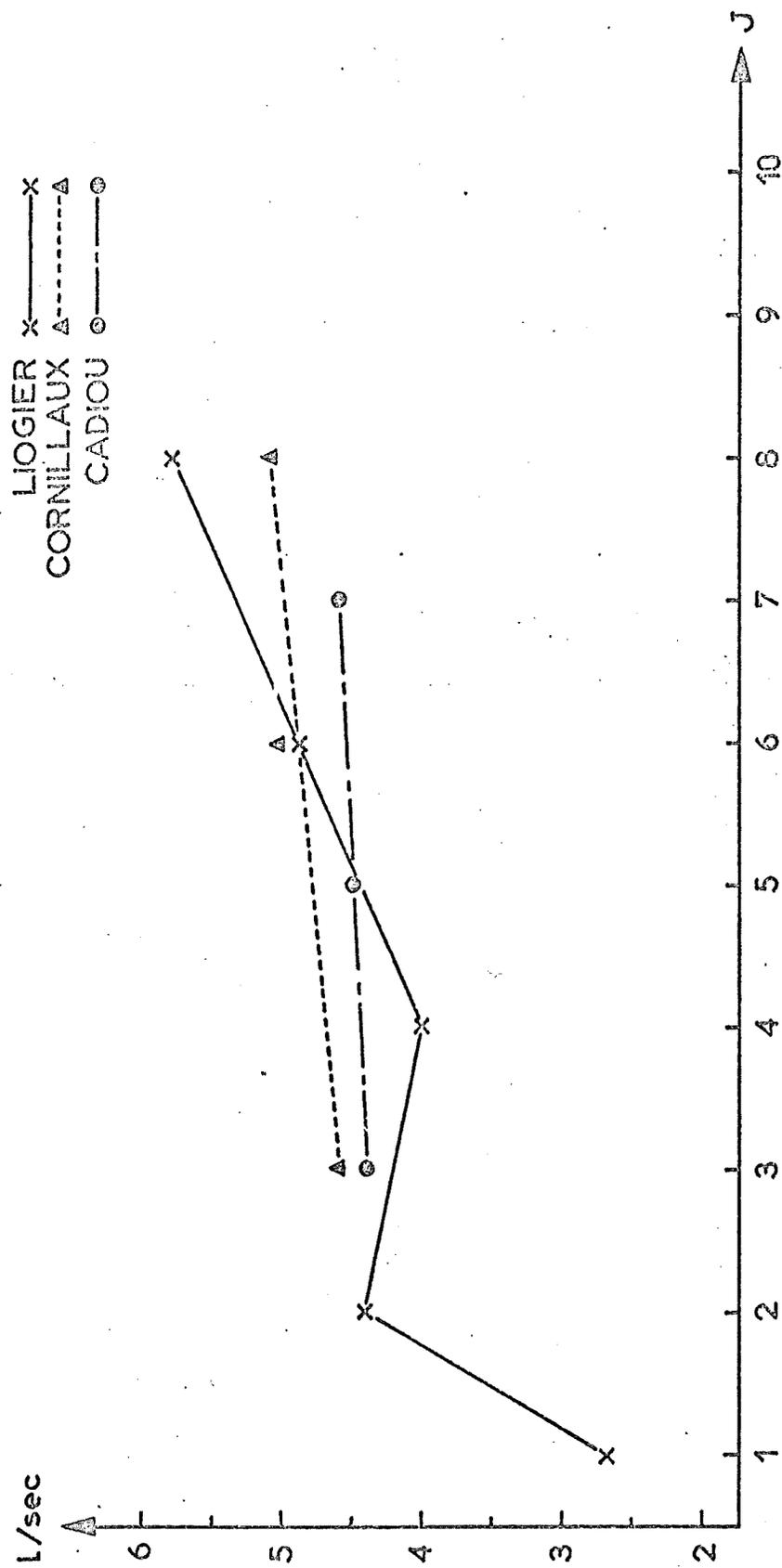
Notre but va être de déterminer à quel point et jusqu'ou évolue le déséquilibre du début de l'expérience puis à quel niveau s'établit l'équilibre qui lui succède.

(voir tableaux suivants)

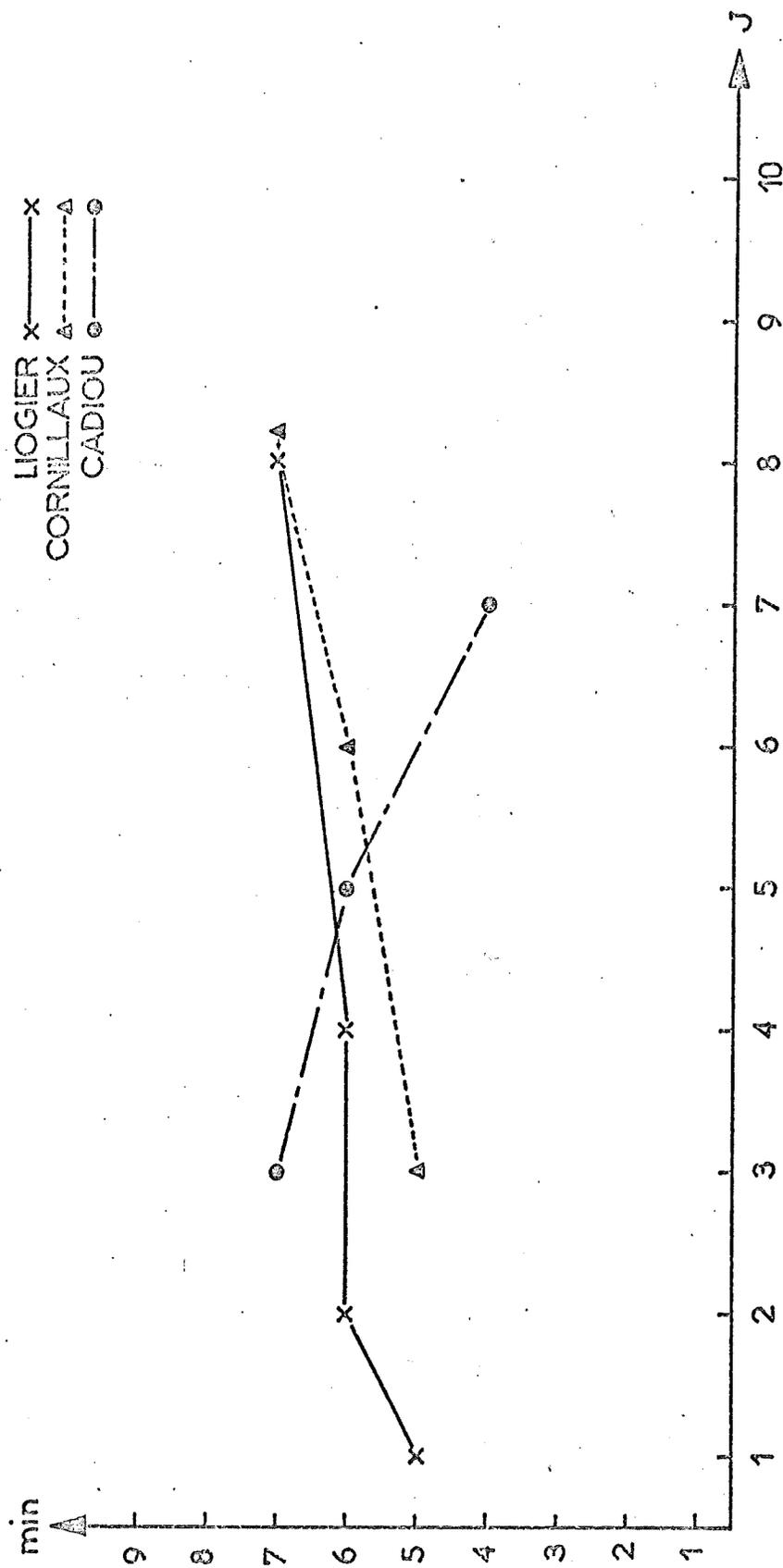
1. Variations de la VEMS en fonction de la date.



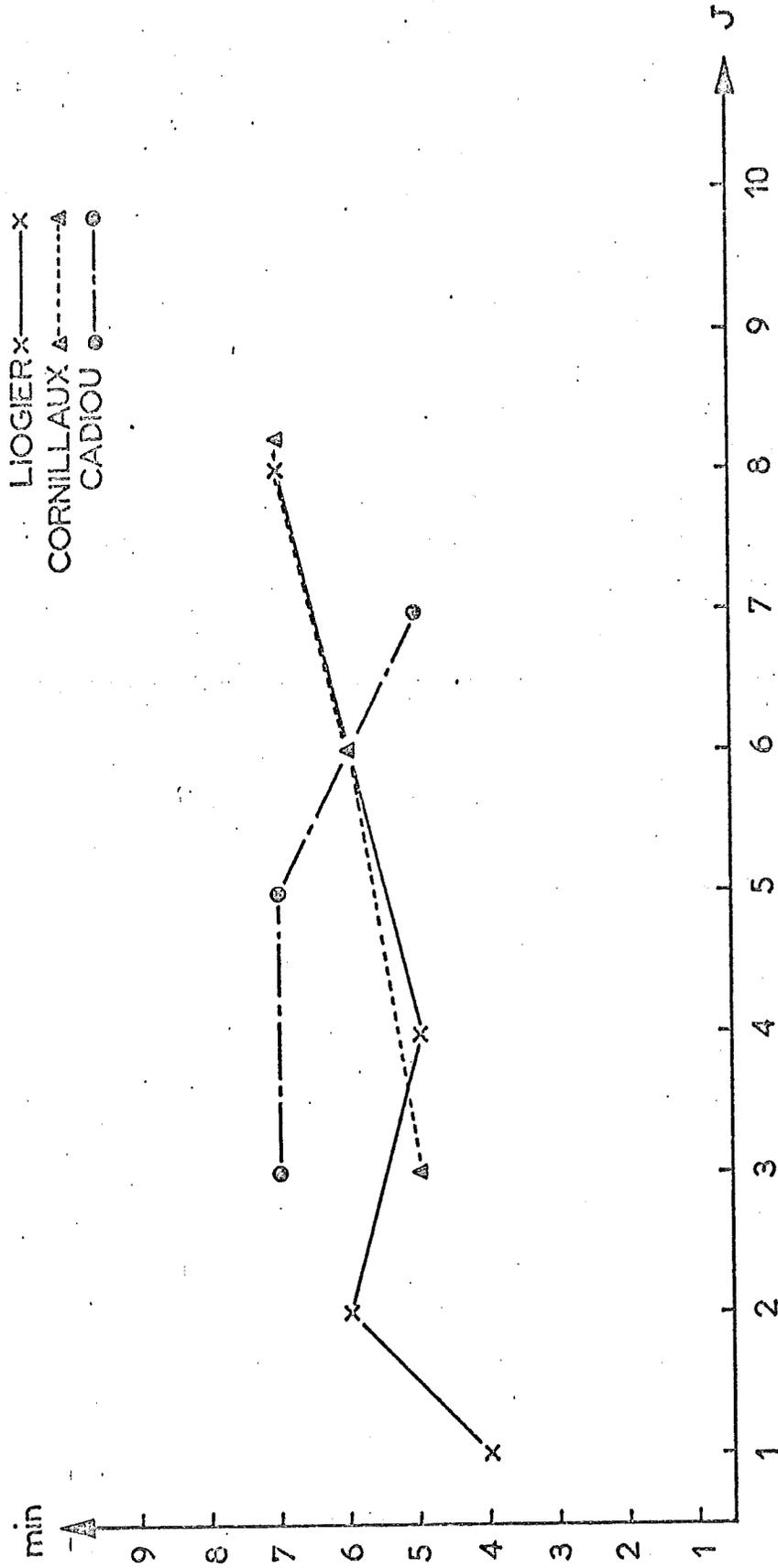
2. Variations de la VIMS en fonction de la date.



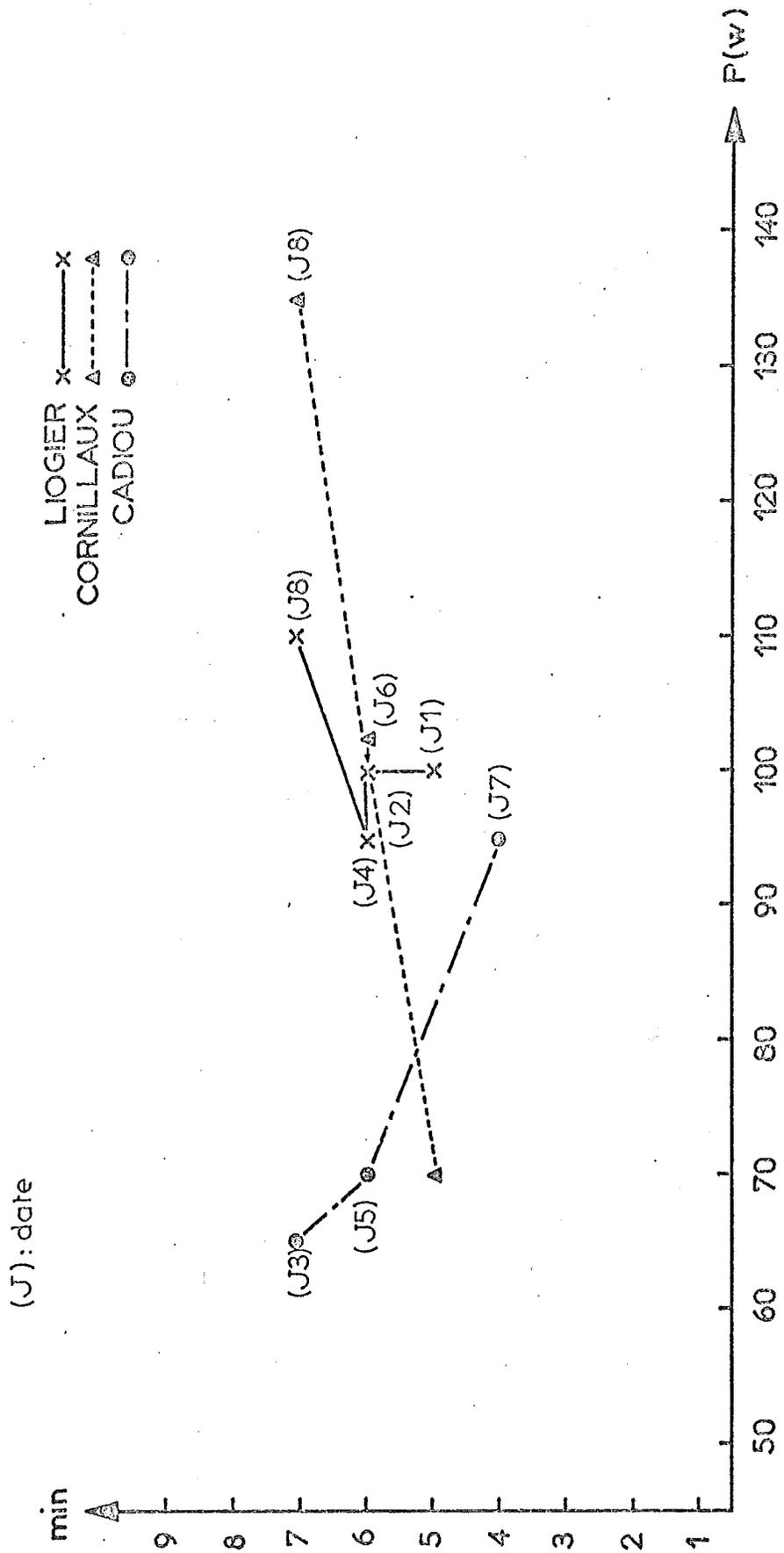
3. Temps d'adaptation de l'effort 1 en fonction du jour.



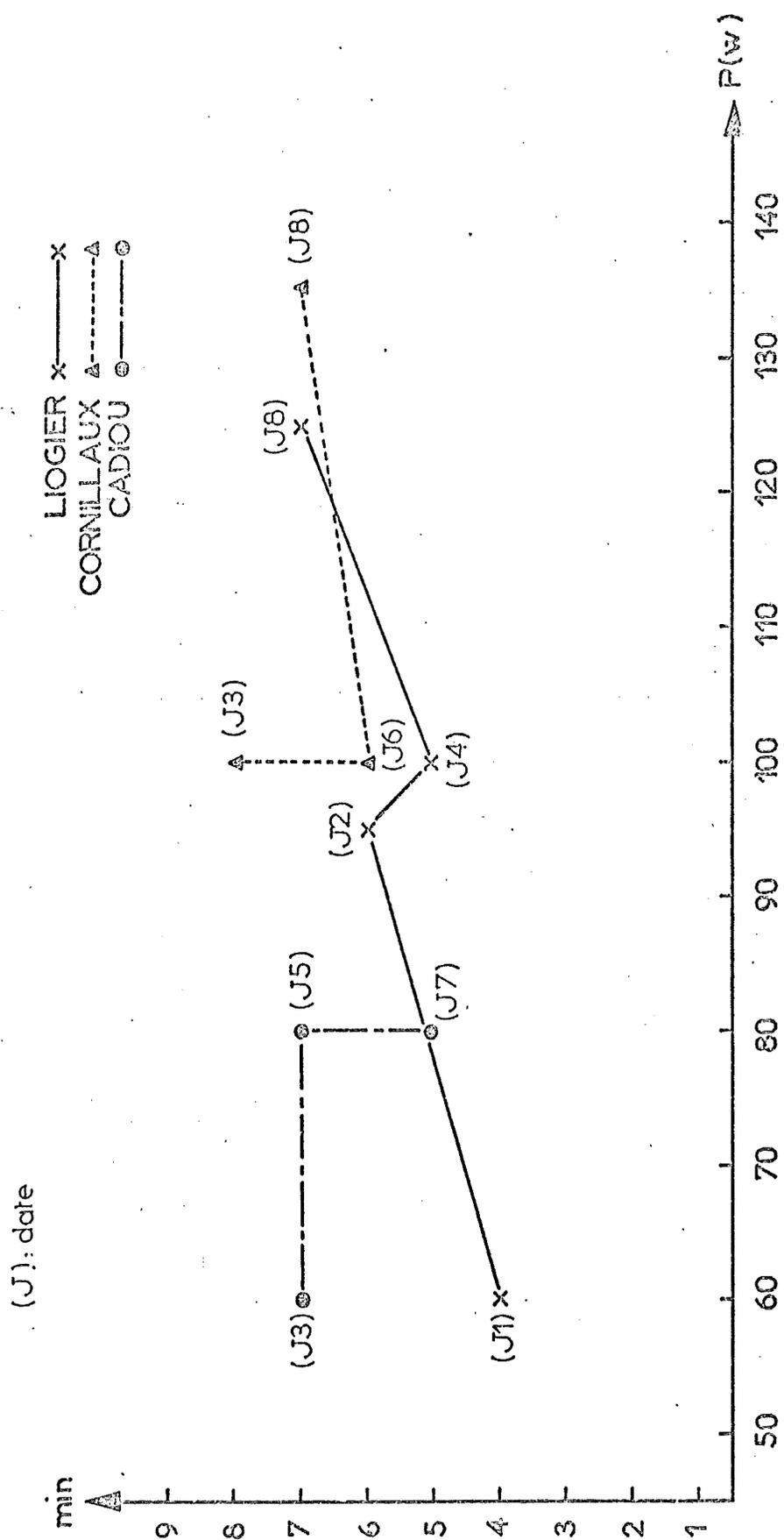
4. Temps d'adaptation de l'effort 2 en fonction du jour.



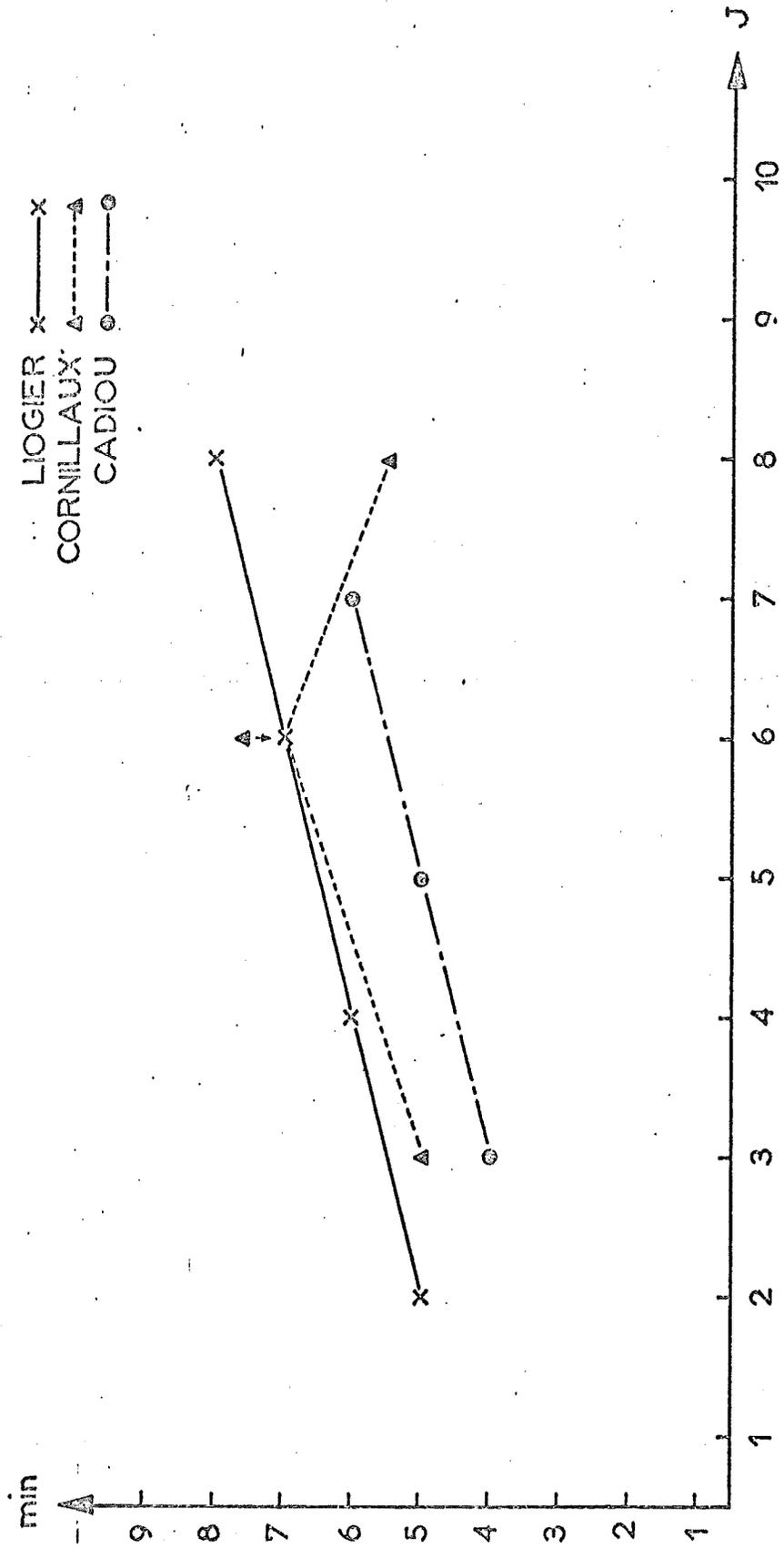
5. Temps d'adaptation de l'effort 1 en fonction de la puissance.



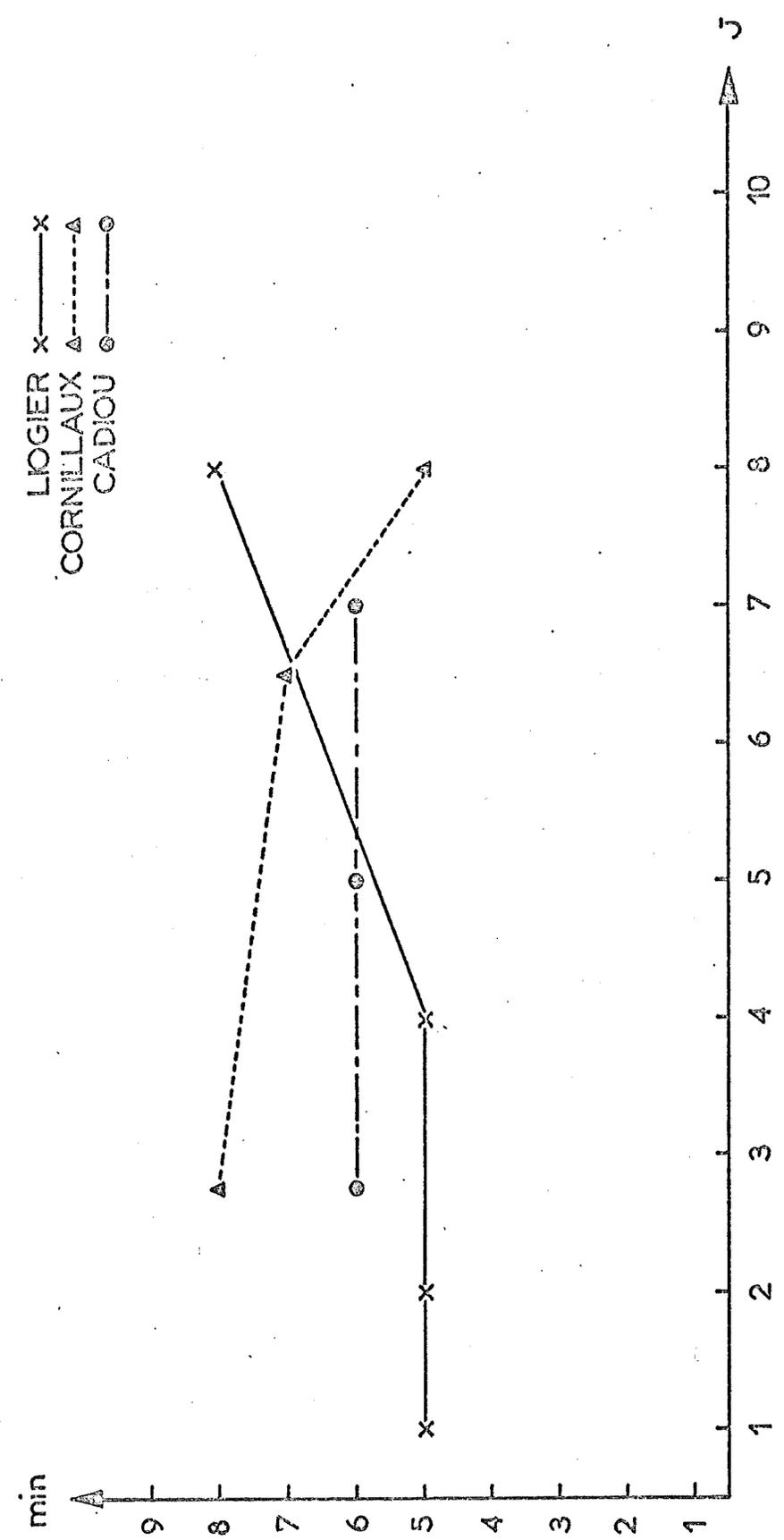
6. Temps d'adaptation de l'effort 2 en fonction de la puissance.



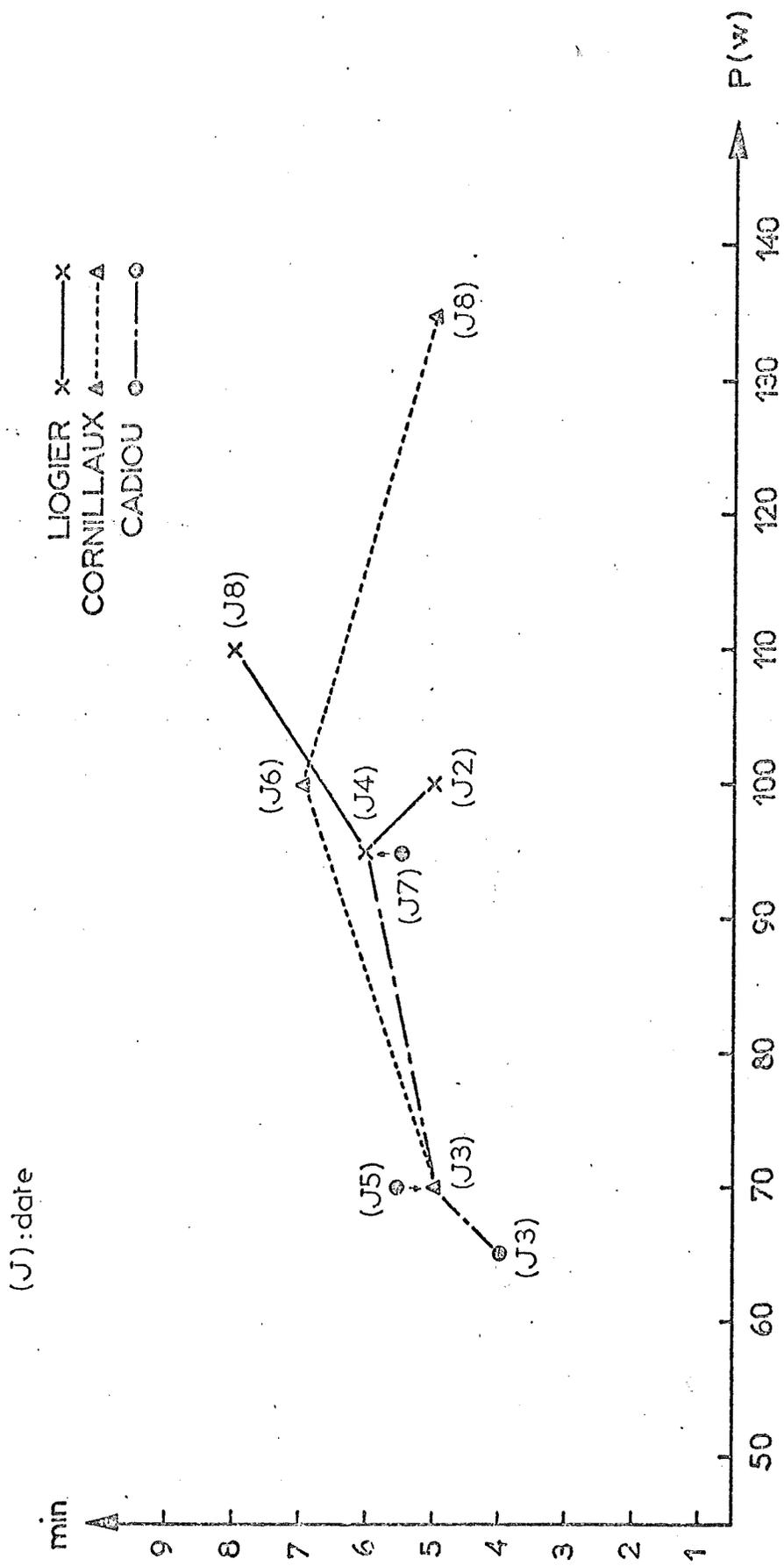
7. Temps de récupération de l'effort 1 en fonction du jour.



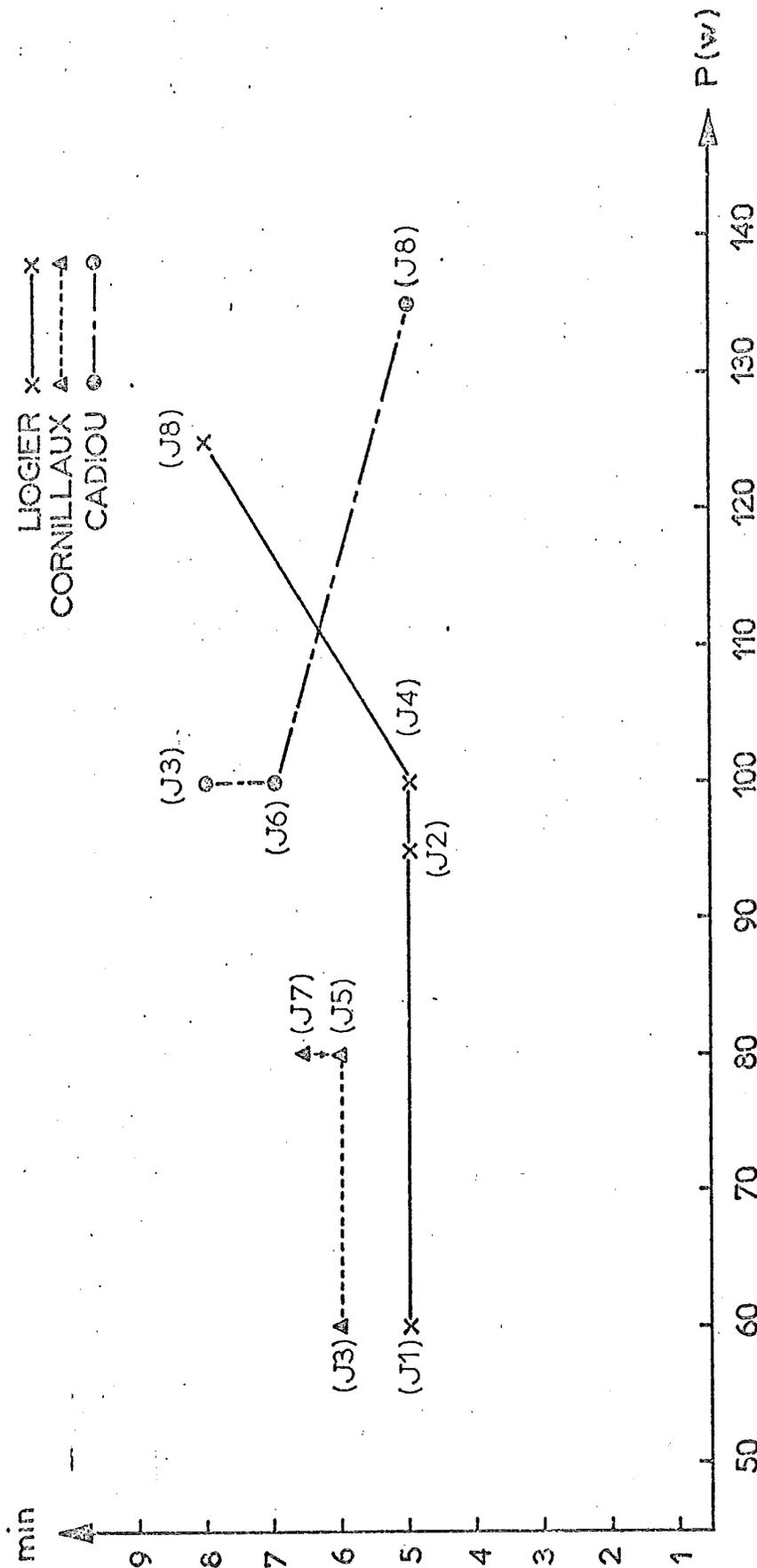
8. Temps de récupération de l'effort 2 en fonction du jour.



9. Temps de récupération de l'effort 1 en fonction de la puissance.



10. Temps de récupération de l'effort 2 en fonction de la puissance.



c) - Tests mentaux et psychomoteurs

Les expériences de plongée à saturation montrent que l'effi-
cience mentale, psychiques des sujets est altérée.

Afin de mesurer cette "détérioration" nous avons eu recours à
un certain nombre de tests.

La méthode des tests apporte une information quantitative sur
la nature de cette détérioration, mais l'analyse qualitative,
l'observation du comportement des sujets à grande profondeur
est aussi très importante.

Parmi tout un ensemble de tests, nous avons choisi les 6 tests
suivants :

- un psychomoteur : test de ~~de~~ dextérité manuelle
- un test d'attention : odd-even test
- le test du "Paper form board"
- un test de calcul mental
- un test de raisonnement : "les phrases en désordre"
- la spirale illusion

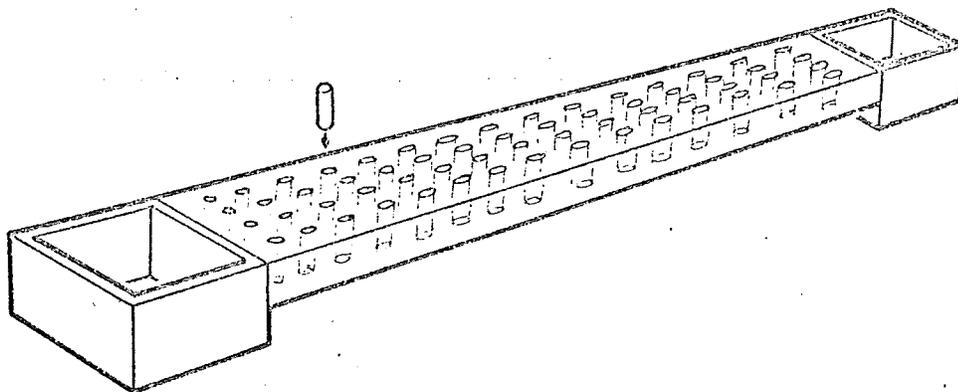
TEST DE DEXTERITE MANUELLE

1°/ - Le test

. Fonction testée : la dextérité manuelle, la capacité de manier rapidement et adroitement de petits objets.

. Description du test :

Juine february



Le sujet doit placer le plus de cylindres possible dans les trous. Les extrêmités des cylindres sont colorés différemment. Le sujet doit mettre les cylindres de telle sorte que toutes les extrêmités visibles soient de la même couleur. Celle-ci est définie par avance par l'expérimentateur.

- Déroulement du test

Chaque sujet doit placer le plus de plots possible avec sa main droite pendant une minute, et ensuite avec sa main gauche pendant la même durée.

Cotation : on compte le nombre de plots correctement placés.

2°/ - RESULTATS

. le test a été fait :

1°/ avant les expériences.

Ce test faisant appel à des capacités manuelles susceptibles de se développer, les plongeurs ont réalisé un entraînement jusqu'à l'obtention de performance maximum.

Au bout de 10 essais, les progrès étant stabilisés, nous nous avons arrêté l'entraînement.

2°/ à 90 m lors d'une narcose à l'azote

3°/ lors des "excursions" à 250 m sous hélium

Dans cette phase, le test a été fait 3 fois (aux jours
J 2 - J 4 - J 7)

. Analyse des résultats :

Pour comparer les résultats aux tests obtenus en surface à 90 m sous narcose, à 250 m sous hélium, nous avons choisi comme unité de comparaison la valeur médiane lorsqu'il y a eu pour une même phase (ex. entraînement) plusieurs essais. La médiane étant la variable (essai) située au centre de la distribution lorsque celle-ci a été ordonnée.

Il nous semble plus juste de choisir la valeur médiane plutôt que la valeur moyenne, car cela nous aurait obligé à comparer une valeur moyenne des essais faits en surface à une note brute obtenue lors du seul essai fait en narcose par exemple.

L'effectif des sujets étant trop petit ($n = 3$) il n'est pas possible d'utiliser des "tests statistiques" qui pourraient infirmer ou confirmer nos hypothèses quant à la détérioration des fonctions à grande profondeur. Ces restrictions sont valables pour les autres tests.

A 90 m nitrox pour ces 3 sujets :

- main droite, la chute de la performance par rapport à celle obtenue en surface varie entre 20 et 30 %
- main gauche, la chute varie entre 18 et 26 %

A 250 m héliox :

- main droite : 0 et 12 %
Pour le P J B la performance à 250 m est supérieure à celle obtenue en surface
- main gauche : la chute varie entre 3 et 12 %

3°/ - CONCLUSIONS

Il n'y a pas eu de tremblements pendant la passation de ce test dans les phases successives de l'expérience.

Il est à noter que la détérioration des capacités manuelles est légèrement plus accrue à 90 m nitrox qu'à 250 m héliox.

fig:1- TEST DE DEXTERITE MANUELLE
(Main droite)

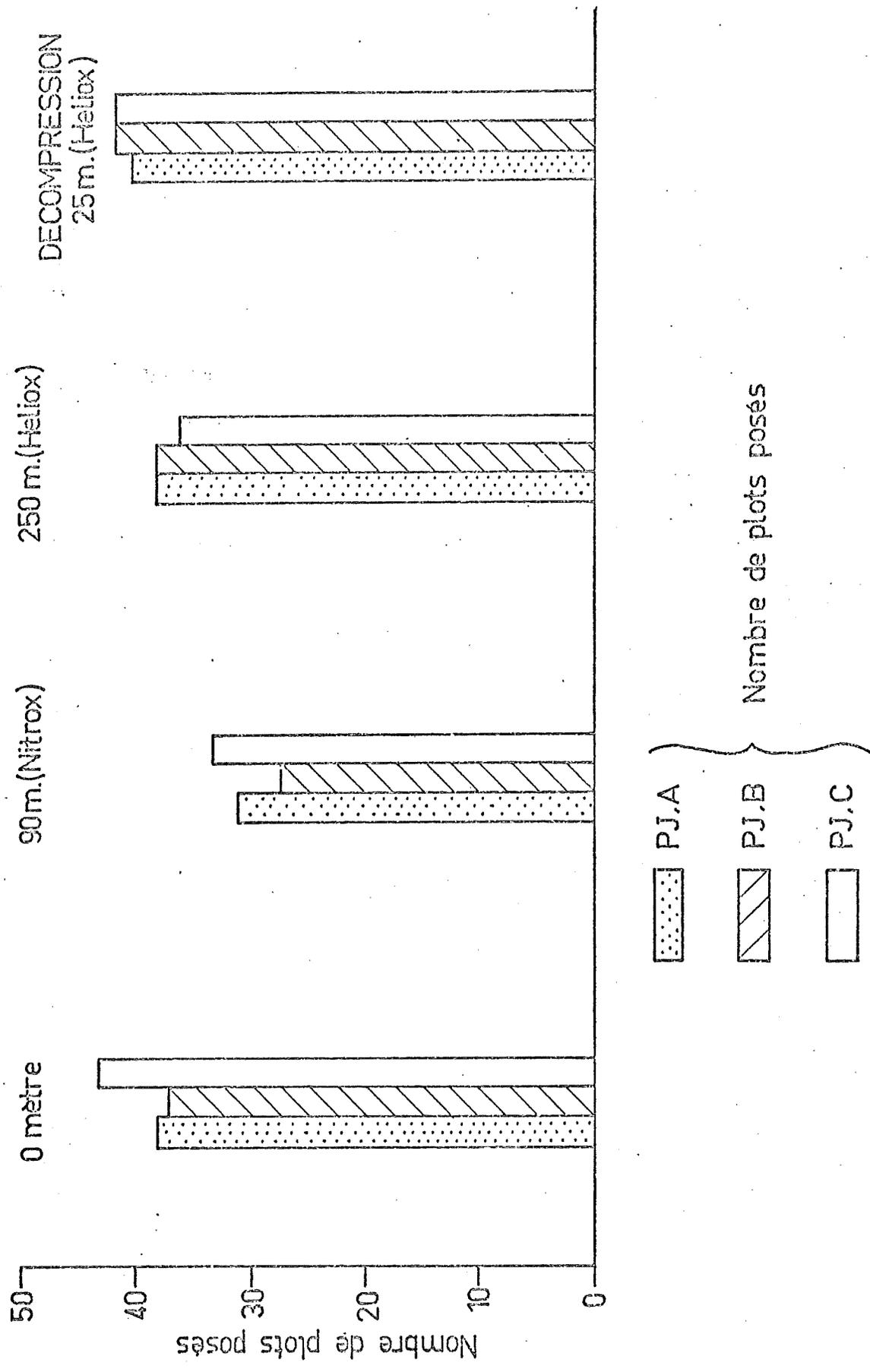
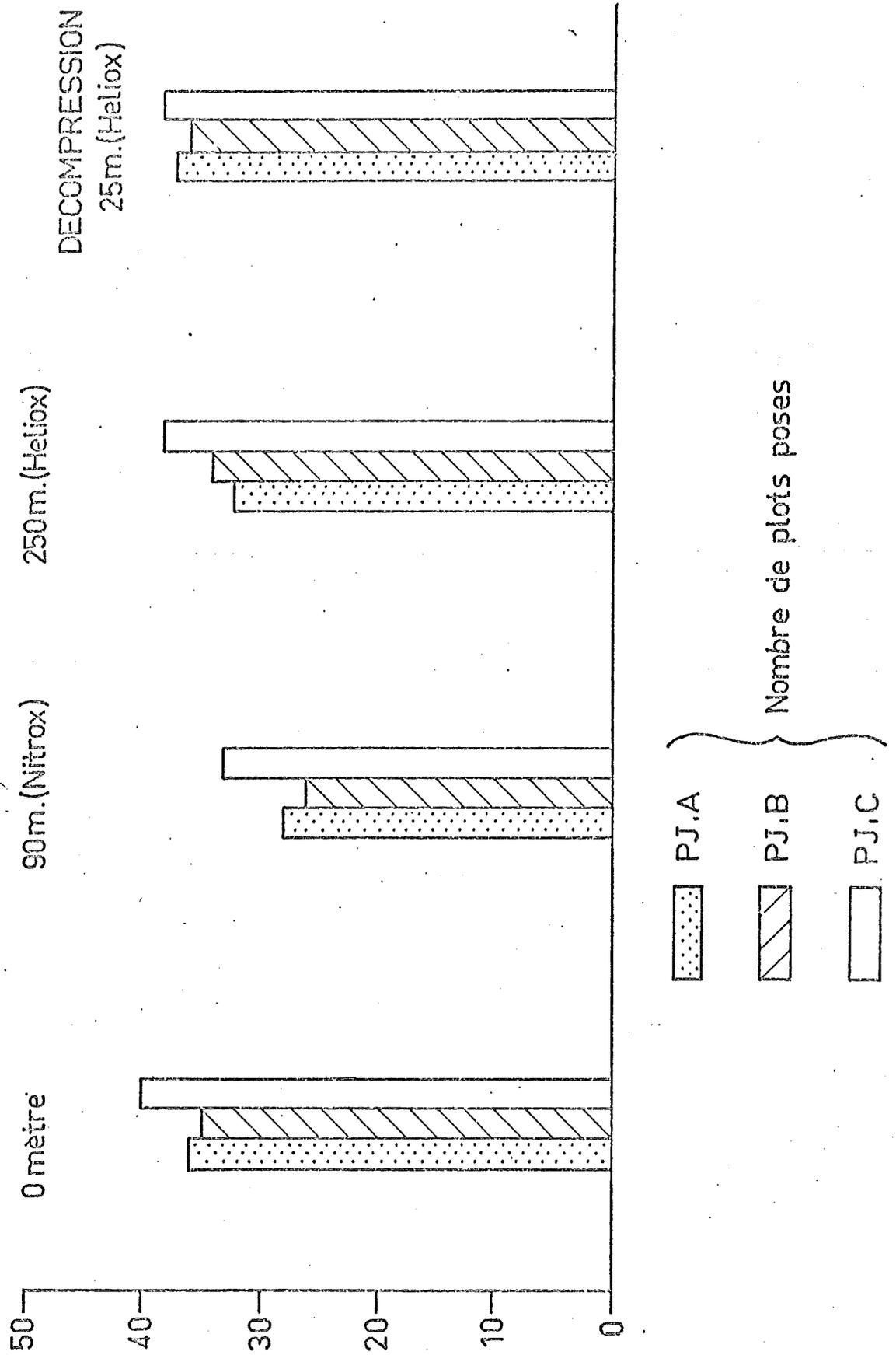


fig: 2 - TEST DE DEXTERITE MANUELLE
(Main gauche)

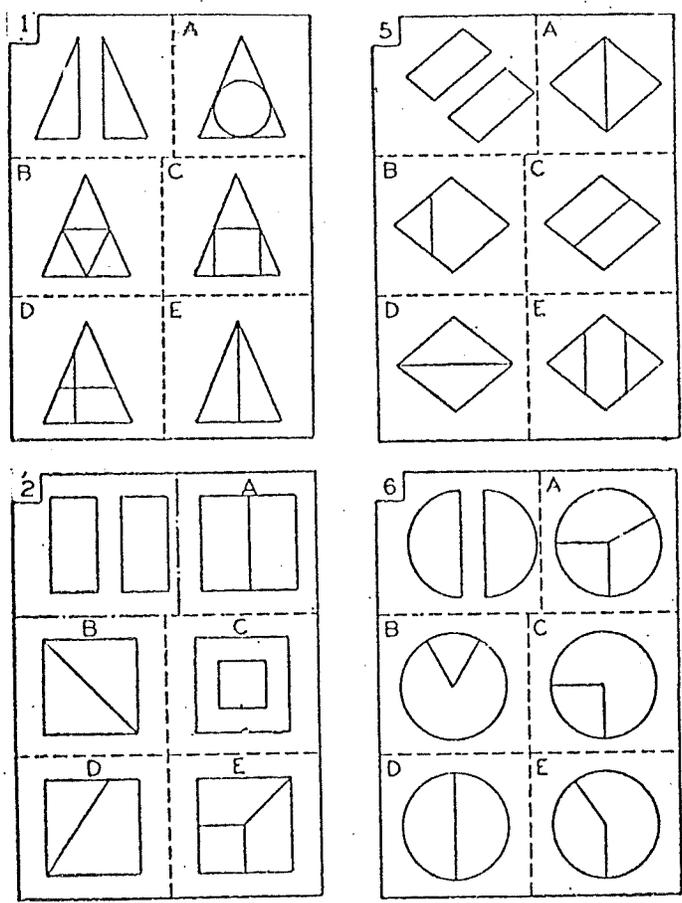


TEST DU "PAPER FORM BOARD"

Handwritten signature
↙

1° - Le test

- . fonction testée : la capacité de percevoir des relations spatiales, capacité de visualisation spatiale.
- . description du test :



Ce test consiste en une série de figures planes, représentant des groupes de morceaux séparés.

Après de chaque groupe se trouvent cinq figures où sont

tracées des lignes de découpage. Parmi ces figures, le sujet doit choisir celle dont les pièces composées sont les mêmes que celles du groupe de morceaux séparés.

Ex. : pour le problème n° 1 la solution est la figure E.

Ce test comprend 2 formes : la forme AA et la forme BB qui est un retest. Les 2 formes présentent la même difficulté et dans le même ordre ; mais les figures sont différentes. Ceci afin d'éviter que la fonction de mémorisation interfère dans la solution des problèmes proposés.

La forme originale du test comporte 64 problèmes à résoudre en 20 minutes.

Etant donné le temps qu'il nous était imparti, nous avons donné lors de chaque session 16 problèmes à faire en 5 minutes.

Cotation : seules les bonnes réponses sont retenues.

2°/ - RESULTATS

le test a été fait :

- 1) une fois en surface dans sa totalité (forme AA du test)
- 2) une fois à 90 m sous narcose (forme abrégée du test page 3 de la forme AA)
- 3) une fois à 37 m sous narcose (page 3 forme BB du test)
- 4) deux fois à 250 m sous hélium aux jours J 2 (page 4 forme AA) J 4 (page 4 forme BB)

TEST du "PAPER FORM BOARD"

fig: 3. Narcose

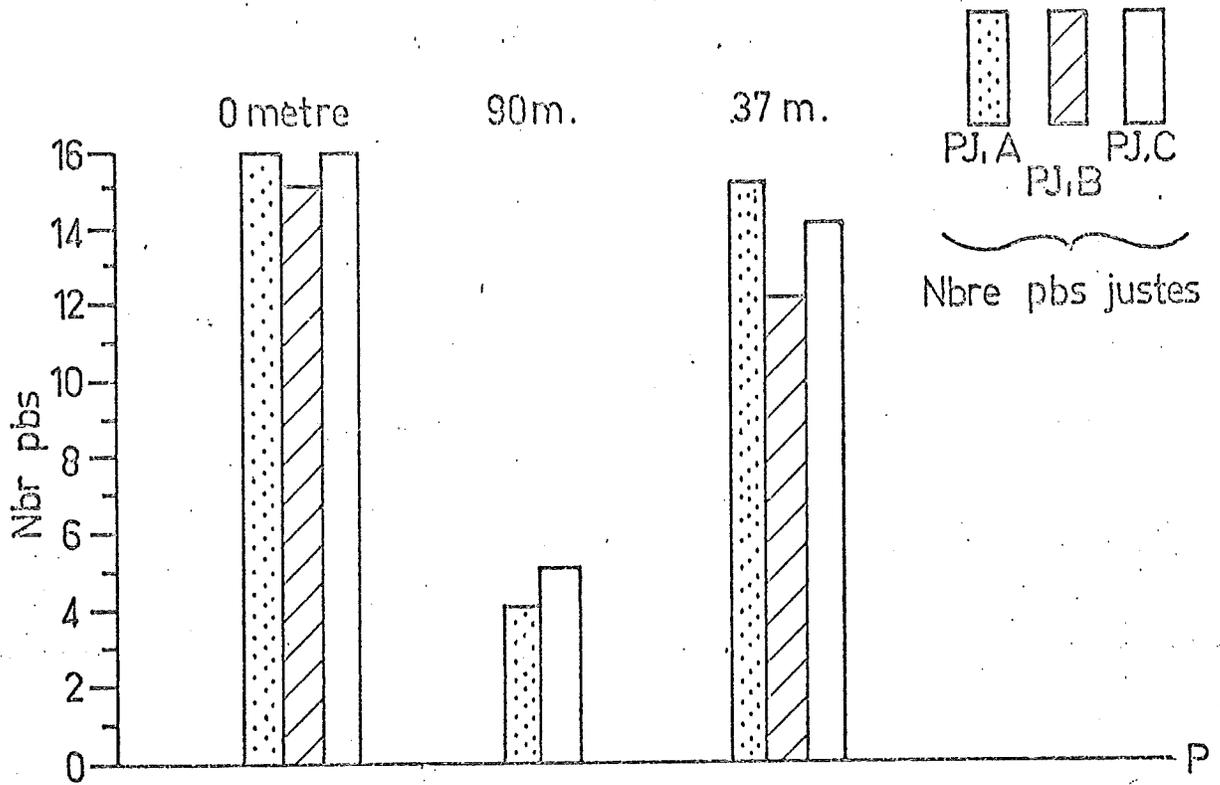
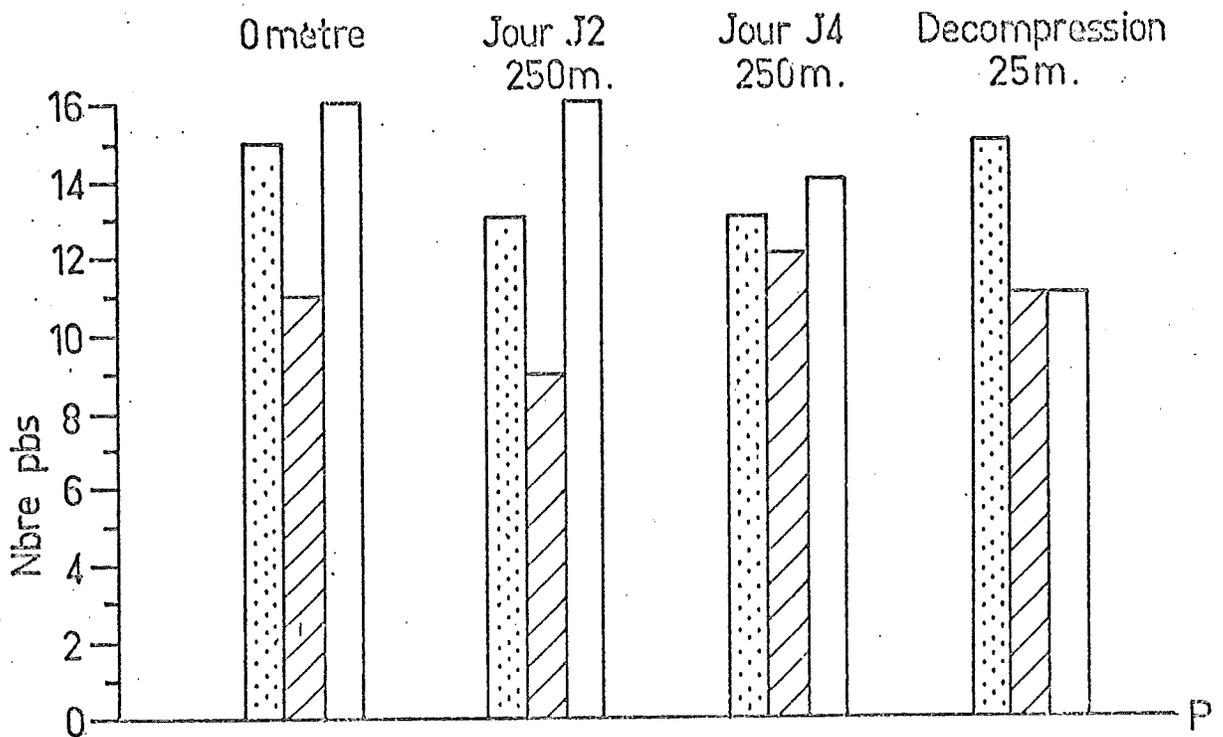


fig: 4. Helium



Pour les narcoses à 90 m et à 37 m

Pour la clarté de l'exposé, nous présenterons les résultats sous forme de tableaux.

Il faut noter d'emblée que le PJ B à 90 m n'a pas fait le test à cause de troubles neuro-végétatifs (vomissements)

	P J A	P J B	P J C
37 m	- 7 %	- 20 %	- 13 %
90 m	- 75 %		- 70 %

N.B - Ces pourcentages signifient, pour chacun des plongeurs, la détérioration des performances obtenues à 37 et 90 m par rapport à la performance obtenue en surface considérée comme le 100 % de réussite pour chacun.

- 250 m sous l'hélium

	P J A	P J B	P J C
Jour J 2	- 14 %	- 19 %	0 %
Jour J 4	- 14 %	+ 8 %	- 13 %

N.B. - même remarque, cf. narcose à 90 et 37 m

ODD EVEN TEST

1°/ - le test

. fonction testée : l'attention, la vigilance.

C'est à dire la possibilité de prêter attention à une ou plusieurs informations, et de découvrir les évènements déterminés selon une loi préétablie. Ces évènements surviennent au hasard et à des intervalles non prédits par avance.

. description du test

Dans l'odd-even test, le sujet entend une suite de chiffres donnés au hasard et à intervalles régulier au rythme de 1 chiffre par seconde.

On demande au sujet d'appuyer sur un bouton lorsque 2 chiffres pairs, ou 2 chiffres impairs se suivent. Les séquences de 2 chiffres se succèdent à intervalles réguliers.

La durée du test est d'une minute. On note le nombre de bonnes réponses et d'erreurs (mauvaises réponses et omissions).

2°/ - RESULTATS

. le test a été passé :

- 1) 6 fois avant l'expérience (supposant qu'il pouvait y avoir un effet d'apprentissage pour "l'attention")
- 2) 1 fois à 90 m (narcose)
- 3) 2 fois à 37 m (narcose) avant et après des tests d'effort
- 4) 3 fois à 250 m

N.B. - lorsque dans une phrase il y a eu plusieurs essais, on a choisi la médiane (cf. dextérité manuelle page 62)

Analyse des résultats

Narcole :

	P J A		P J B		P J C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
90 m	- 20 %	- 25 %	- 100 %	+ 43 %	- 40 %	+ 50 %
37 m avant effort	0 %	0 %	+ 17 %	0 %	0 %	0 %
37 m après effort	0 %	- 50 %	- 40 %	+ 34 %	0 %	0 %

N.B -

(1) signifie le pourcentage de détérioration des bonnes réponses par rapport à la performance obtenue à la surface.
Ex. : pour P J A , - 20 % à 90 m signifie que son score a diminué de 20 % à 90 m par rapport à celui obtenu en surface.

Pour P J B, + 17 % à 37 m avant l'effort veut dire qu'à 37 m son score s'est accru de 17 % par rapport à celui de la surface.

(2) signifie le pourcentage d'erreurs augmenté.

Ex. : pour P J B, + 43 % à 90 m veut dire que son nombre d'erreurs a augmenté à 90 m de 43 % par rapport à celui obtenu en surface.

Pour P J A - 25 % à 90 m veut dire que son nombre d'erreurs a diminué de 25 % à 90 m.

.../...

250 m hélium :

	P J A		P J B		P J C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
250 m hélium	+ 19 %	- 50 %	- 20 %	- 25 %	+ 17 %	- 25 %

N.B. - pour (1) et (2) (cf. narcose page 71)

On constate qu'à l'hélium tous les pourcentages d'erreurs diminuent de 25 à 50 % pour les 3 plongeurs.

On peut faire 2 hypothèses :

- 1) lors des expériences à l'hélium, le nombre d'erreurs diminue par rapport aux résultats obtenus en surface parce que les sujets ont eu conscience de l'importance de l'expérience et que leur attention était soutenue.
- 2) avant de passer le test à 250 m à l'hélium, les plongeurs l'avaient passé un grand nombre de fois. On peut alors émettre l'hypothèse que si le nombre d'erreurs a diminué cela est dû à un effet d'apprentissage.

TEST DE CALCUL MENTAL

1°/ - le test

. Fonction testée : l'aptitude à manier mentalement des symboles abstraits.

. Description du test :

8	9	2	4	6	8	3	3	6	3	4	=
8	1	1	8	2	1	9	4	3	7	5	=
9	9	4	3	5	6	6	9	5	9	3	=
1	1	5	1	5	4	9	1	5	6	4	=
1	3	4	9	4	2	6	6	4	2	2	=
8	9	9	8	7	8	9	6	1	9	6	=
6	4	2	3	3	6	3	6	4	4	7	=
4	6	4	7	2	9	5	7	6	9	2	=
9	6	9	6	2	5	6	2	1	7	7	=
8	6	3	6	4	6	4	7	3	3	7	=
2	5	3	9	1	6	9	5	1	5	8	=
8	9	9	1	1	2	2	2	8	2	1	=
6	8	3	4	2	9	9	4	9	5	2	=
1	2	5	2	7	9	4	6	7	7	8	=
9	3	6	6	3	6	4	9	5	8	8	=

15 additions simples sont proposées au sujet.

Chaque addition comprend 11 chiffres. Le sujet doit faire le plus d'additions possible avec le moins d'erreurs possible en 2 minutes, en comptant de gauche à droite.

On s'intéresse au nombre d'additions essayées, et au pourcentage d'erreurs.

2°/ - Résultats

. le test a été passé :

- 1) 1 fois en surface
- 2) 1 fois à 90 m
- 3) 1 fois à 37 m
- 4) 3 fois à 250 m. Mais nous ne retiendrons que la valeur médiane.

. Résultats : cf fig. n° 5

. Narcose : 90 m et 37 m

En ce qui concerne le nombre d'opérations tentées on voit qu'il diminue à 90 m (entre 20 et 58 %)

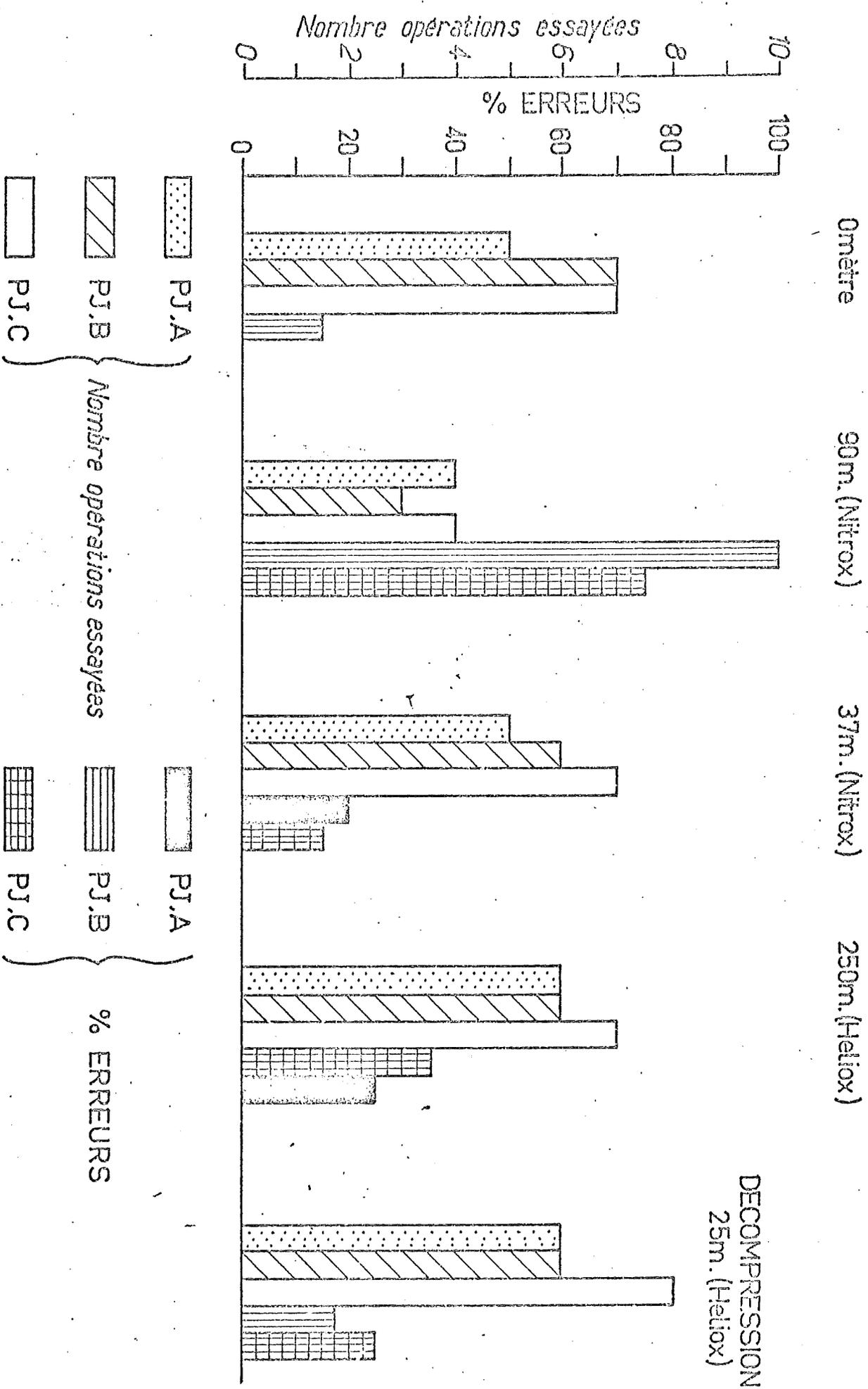
A 37 m, il y a un nombre inférieur d'opérations essayées seulement pour le plongeur B.

Le pourcentage d'erreurs augmente considérablement à 90 m pour le plongeur B (85 %) et pour le plongeur C (75 %)

. Hélium 250 m

Les performances semblent identiques à celles obtenues en surface.

fig: 5 - TEST D'ADDITIONS SIMPLES



Remarques : on s'aperçoit que les trois plongeurs ont obtenu des notes supérieures à 250 m (hélium) à celles obtenues en surface. Cela peut être dû au fait que les 2 passations du test n'ont pas été assez espacées dans le temps. Entre les 2 passations, il y a eu un intervalle de temps d'un mois seulement, ce qui est insuffisant pour un re-test ; la mémoire a peut être joué, ayant pour conséquence pour le sujet de répondre plus rapidement, donc possibilité d'un plus grand nombre de réponses.

9

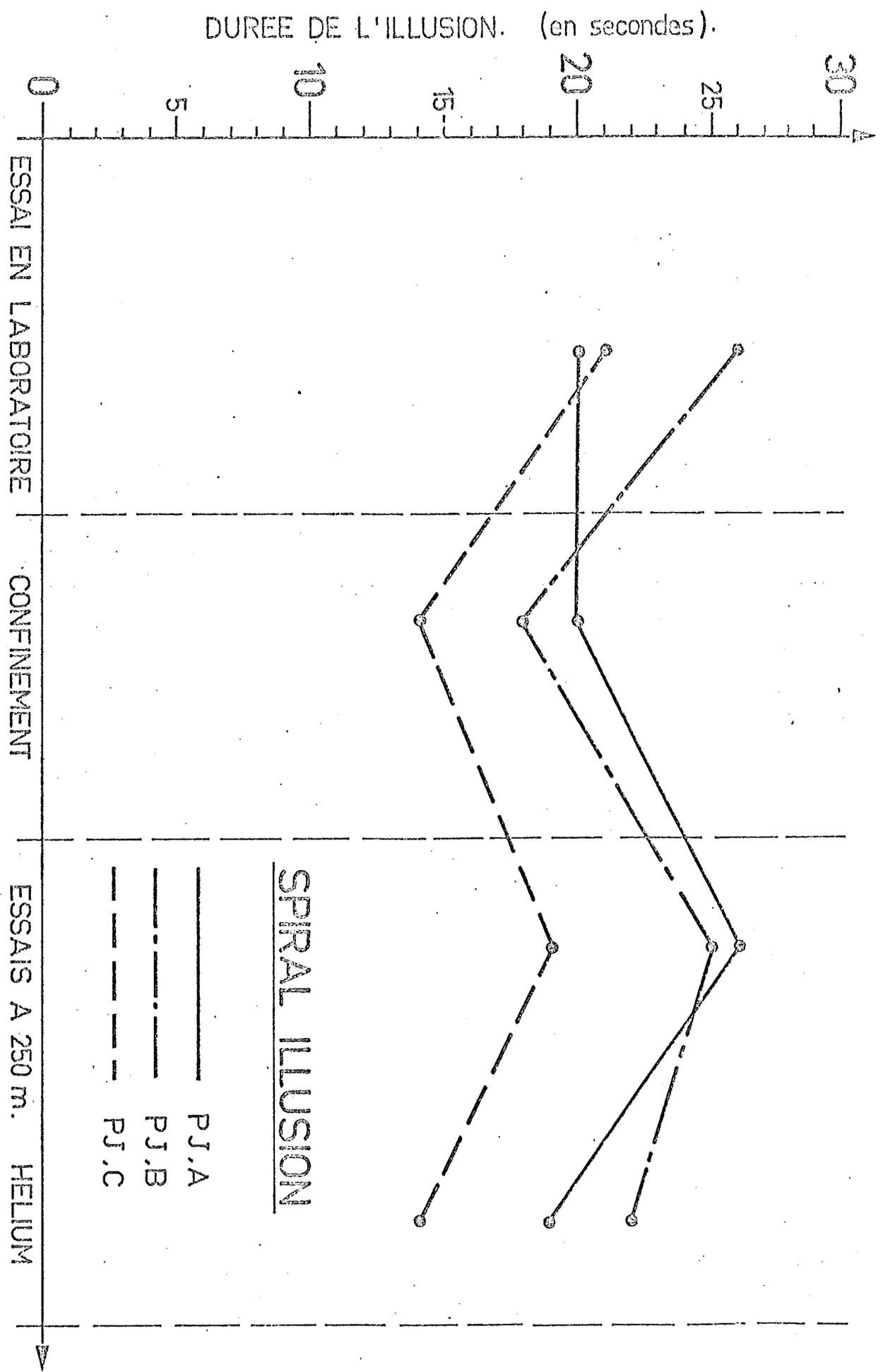
SPIRAL ILLUSION

Le sujet regarde un disque tourner sur lequel est dessinée une spirale. Le temps de présentation dure 30 secondes. Après quoi, on arrête le disque, et le sujet doit voir "revenir" la spirale vers lui.

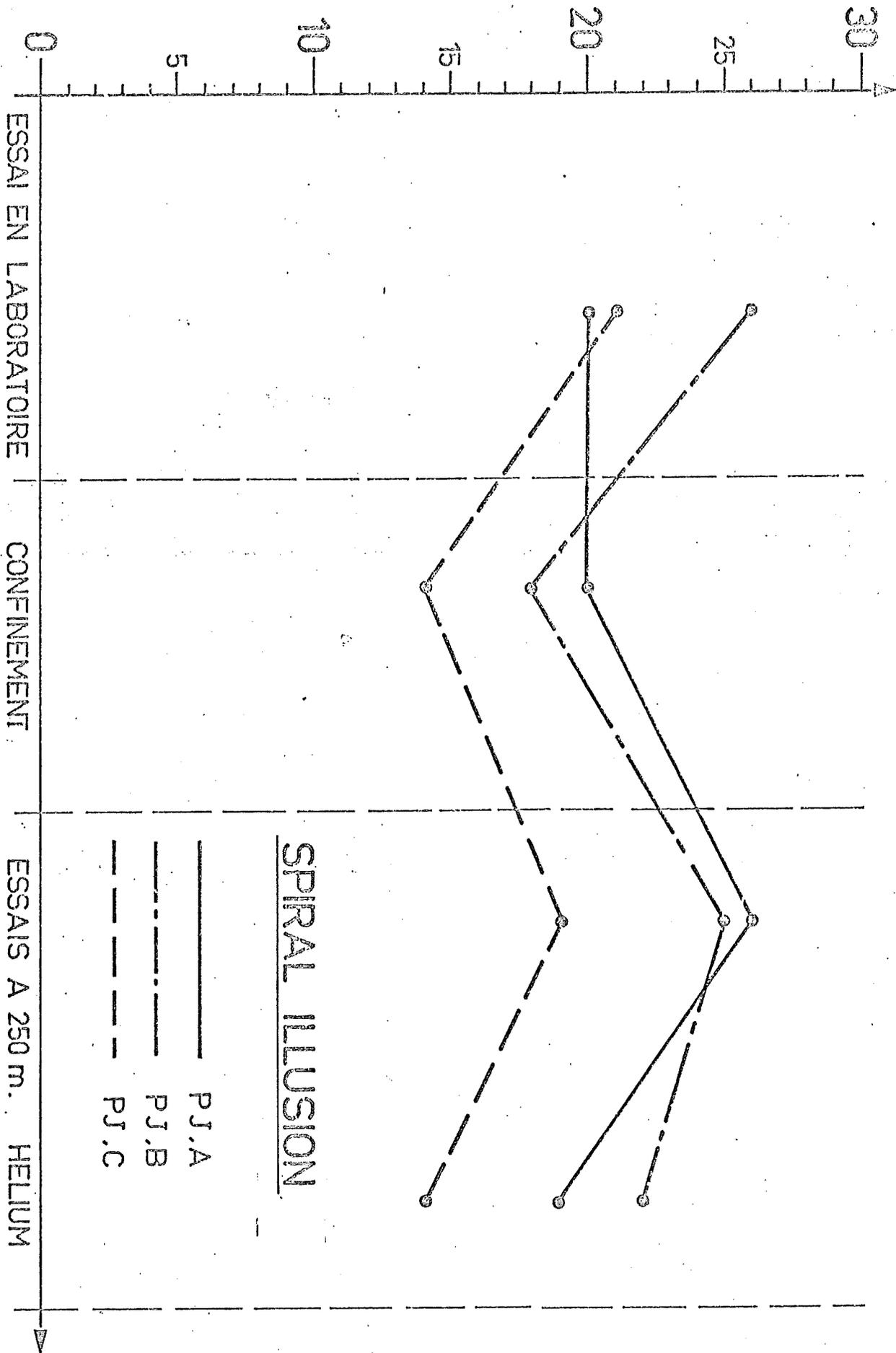
Résultats :

Les quelques essais que nous avons faits ne nous permettent de tirer aucune conclusion.

Cependant, des essais plus nombreux nous permettraient sans doute une étude plus détaillée concernant la valeur du test proprement dit, et ce qu'il mesure. Nous pourrions ainsi étudier avec plus de précisions le comportement des sujets face à ce test et à grande profondeur.



DUREE DE L'ILLUSION. (en secondes).



CONCLUSION GENERALE

La batterie de tests que nous avons choisi comprend :

- d'une part un test psycho-moteur (test de dextérité manuelle)
- d'autre part des tests mentaux (minnesota paper form board, odd-even test, calcul mental, test des phrases en désordre, spiral illusion)

A cette batterie de tests, nous pensons ajouter pour les expériences ultérieures : une mesure du temps de réaction.

Le temps de réaction est défini par CHOCHOLLE ("Le temps de réaction" in Traité de psychologie expérimentale. - tome 2 PARIS P U F 1963) comme "le délai minimum d'une réponse volontaire déterminée par rapport à un stimulus donné"

Il est fortement probable que les effets de la narcose, où les effets d'une plongée à 250 m sous hélium, agissent sur le temps de réaction des sujets.

Les résultats aux tests passés en narcose montre une importante détérioration des fonctions mentales qui varie entre 70 et 80 % à 90 m pour les trois sujets. Le test de dextérité manuelle est de tous les tests passés en narcose, le moins dégradé.

Les résultats aux tests passés à 250 m sous hélium, ne nous permettent pas de dire s'il y a une dégradation ou non. Les résultats pour les 3 plongeurs étant trop hétérogènes. Ceci nous conduit à rappeler quelques restrictions méthodologiques en ce qui concerne l'analyse des résultats. Nous avons déjà signalé l'impossibilité dans laquelle nous étions d'utiliser des "outils" statistiques pour traiter les résultats : l'effectif de sujets étant trop faible.

d) - Neurophysiologie

1°/ - les enregistrements E.E.G.

Des enregistrements E.E.G ont été réalisés à 200 et à 250 m pour chaque plongeur ainsi que des contrôles avant et après l'effort.

Ces enregistrements n'ont montré aucune modification des activités E.E.G, si ce n'est, à partir du 4ème jour du séjour, un léger ralentissement de 1/2 à 1 c/s observé dans le rythme chez les 3 plongeurs par rapport au contrôle réalisé en surface. Ce léger ralentissement des rythmes persistait encore quelques heures après la sortie du caisson, tandis que deux plongeurs sur trois présentaient une réponse hypersynchrone à l'hyperpnée.

Lors d'un nouveau contrôle E.E.G effectué quelques jours plus tard, les activités recueillies étaient à nouveau normales.

Les enregistrements E.E.G. de sommeil ont été réalisés pour contrôle en surface, pendant le confinement la 1ère et la 3ème nuit, et à 200 m, les 1ère, 4ème et 8ème nuit du séjour.

Pendant le confinement, il existe une augmentation en % de la phase II chez tous les plongeurs. La phase IV n'existe pas chez 2 plongeurs, elle est peu importante chez le 3ème (CADIOU). Les pourcentages des autres phases (I et III) sont peu modifiés. La PMO subit des fluctuations peu significatives.

Au cours des 3 enregistrements à 200 m il existe une augmentation en % de la phase II importante chez les 3 plongeurs lors de la 1ère nuit. Ce pourcentage diminue chez 2 plongeurs au cours des deux autres nuits d'enregistrements alors qu'il reste identique pour un troisième (CORNILLAUX).

La morphologie de la phase II apparait plus complexe à la 4ème nuit du séjour (2ème nuit du contrôle) chez certains plongeurs.

Cette "phase intermédiaire" (déjà décrite lors des expériences Ludion II) existe chez les 3 plongeurs pendant la 8ème nuit à des degrés plus ou moins importants. Ce caractère naît en début de nuit, s'atténue par la suite.

La phase IV est inexistante chez tous les plongeurs lors de la 1ère nuit d'enregistrement. Elle réapparaît pendant les 2 autres nuits mais son pourcentage reste peu élevé. Sa morphologie est en général moins caractéristique que lors du contrôle.

Les pourcentages de la phase I et III ont respectivement diminué et augmenté au cours des 3 nuits d'enregistrements excepté chez CORNILLAUX. La PMO a augmenté plus ou moins discrètement.

En résumé, le sommeil des plongeurs a été perturbé pendant le confinement et le séjour à 200 m. Lors du séjour à 200 m, l'adaptation est très nette chez un plongeur (CADIOU). Elle est moins significative pour LIOGIER. Elle est inexistante pour CORNILLAUX. Il apparait que le confinement plus que la pression, joue un rôle primordial dans la perturbation des cycles nyctheméraux. Il existe une adaptation mais le mode d'enregistrement en discontinu ne permet pas d'étudier la forme de cette adaptation (continue, dent de scie)

Dans ce but, lors des prochaines phases de JANUS, des enregistrements E.E.G de sommeil seront effectués pendant toute la durée du séjour à 200 m.

2°/ - Le réflexogramme achilléen

La mesure du temps de contraction réflexe à la percussion du tendon d'achille, donne les valeurs suivantes, au 2ème et

7ème jour de la saturation :

	J 2	J 7	
CADIOU	80	60	(en ms)
CORNILLAUX	60	50	
LIOGIER	70	45	

et la durée de relaxation consécutive est la suivante :

	J 2	J 7
CADIOU	100	100
CORNILLAUX	130	90
LIOGIER	125	120

Le raccourcissement de la durée de contraction est net :
25 % chez CADIOU - 17 % chez CORNILLAUX - 36 % chez LIOGIER
entre le 2ème et le 7ème jour de saturation.

Nous ne pouvons pour le moment que noter ces résultats intéressants qui ne pourront être interprétés qu'à la lumière de nouvelles épreuves.

e) - Réactions biologiques

Les résultats des examens sanguins et urinaires, très abondants, ne peuvent, pour le moment, être tous clairement interprétés. Leur étude demandera encore des mois et sera d'ailleurs plus complète à la lumière d'autres examens.

Nous ne mentionnerons ici que quelques paramètres biologiques :

- 1) les variations du nombre des globules rouges sous l'effet de l'hyperoxie relative (420 mb d'O₂). Elles sont différentes suivant les sujets (voir tableau ci-joint).

Si Cornillaux à la fin de la décompression a perdu 1 400 000 hématies, Cadiou n'en a perdu que 750 000 et LICGIER 400 000.

Sur les 3 sujets, seul Cornillaux à la sortie présente une hypoglobulie (et non une anémie car il ne s'agit pas de maladie mais d'adaptation). Neuf jours plus tard, il aura retrouvé un nombre normal de globules rouges (4 500 000)

Les 2 autres plongeurs ayant toujours eu plus de 4 000 000 et rétabli la stricte normalité 9 jours après à 4 500 000 et 4 700 000.

On peut dire, comme l'a laissé espérer l'expérience PRECONTINENT 1 que la vie sous une pression partielle d'oxygène de 0,42 atm (et davantage pendant la décompression) est possible tout au moins durant 12 jours sans entraîner de troubles pathologiques de l'hématopoïèse. (voir tableau)

- 2) les variations des hormones (testiculaires et surrenaliennes) mesurées dans les urines, ont mis en évidence, comme dans d'autres expériences, le stress des deuxième et troisième jours chez les 3 sujets. L'adaptation satisfaisante par la suite pour les 3 - et la persistance d'une fatigue notable au 8ème jour après la

Nombre d'hématies par mm³ de sang

	J 7 17.04	J 4 27.04	J 12 5.05	J 23 13.05
CADIOU	4 900 000	4 700 000	4 150 000	4 500 000
CORNILLAUX	5 000 000	4 800 000	3 600 000	4 500 000
LIOGIER	4 600 000	4 600 000	4 200 000	4 700 000

sortie chez celui qui tout au long de l'expérience, s'était montré le plus solide et le plus régulier.

Tout cela demeurant dans le cadre de la normale et ne faisant redouter aucune défaillance grave des grands mécanismes d'adaptation et de défense. (voir tableau)

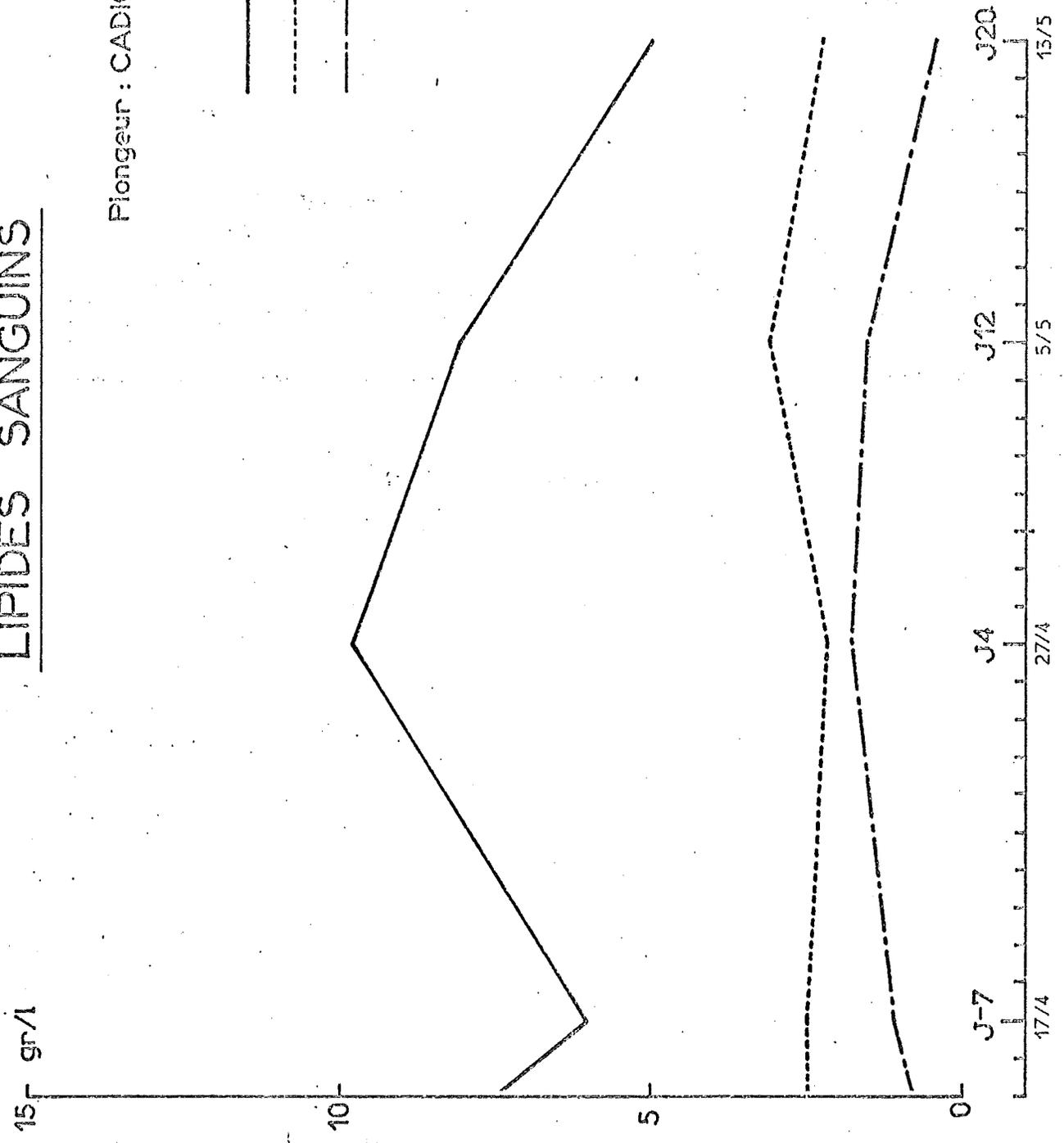
- 3) les modifications des graisses du sang, avec une très nette augmentation au 4ème jour de la saturation, nous ont surpris. Elles sont difficiles à interpréter pour le moment et leur étude doit être poursuivie. Notons en passant que c'est le sujet le plus maigre et dont les lipides sanguins étaient au taux le plus bas et ont le moins varié, qui a supporté le plus allègrement la décompression sans ressentir aucun passage de bulles. (v. tableaux)

- 4) l'étude du métabolisme phosphocalcique n'a pas donné, pour le moment, de résultats spectaculaires, mais elle doit être poursuivie parallèlement à la densimétrie du squelette. Les aquanauts pouvant fort bien présenter à la longue, comme les cosmonautes, des troubles de la répartition du calcium et des altérations osseuses.

LIPIDES SANGUINS

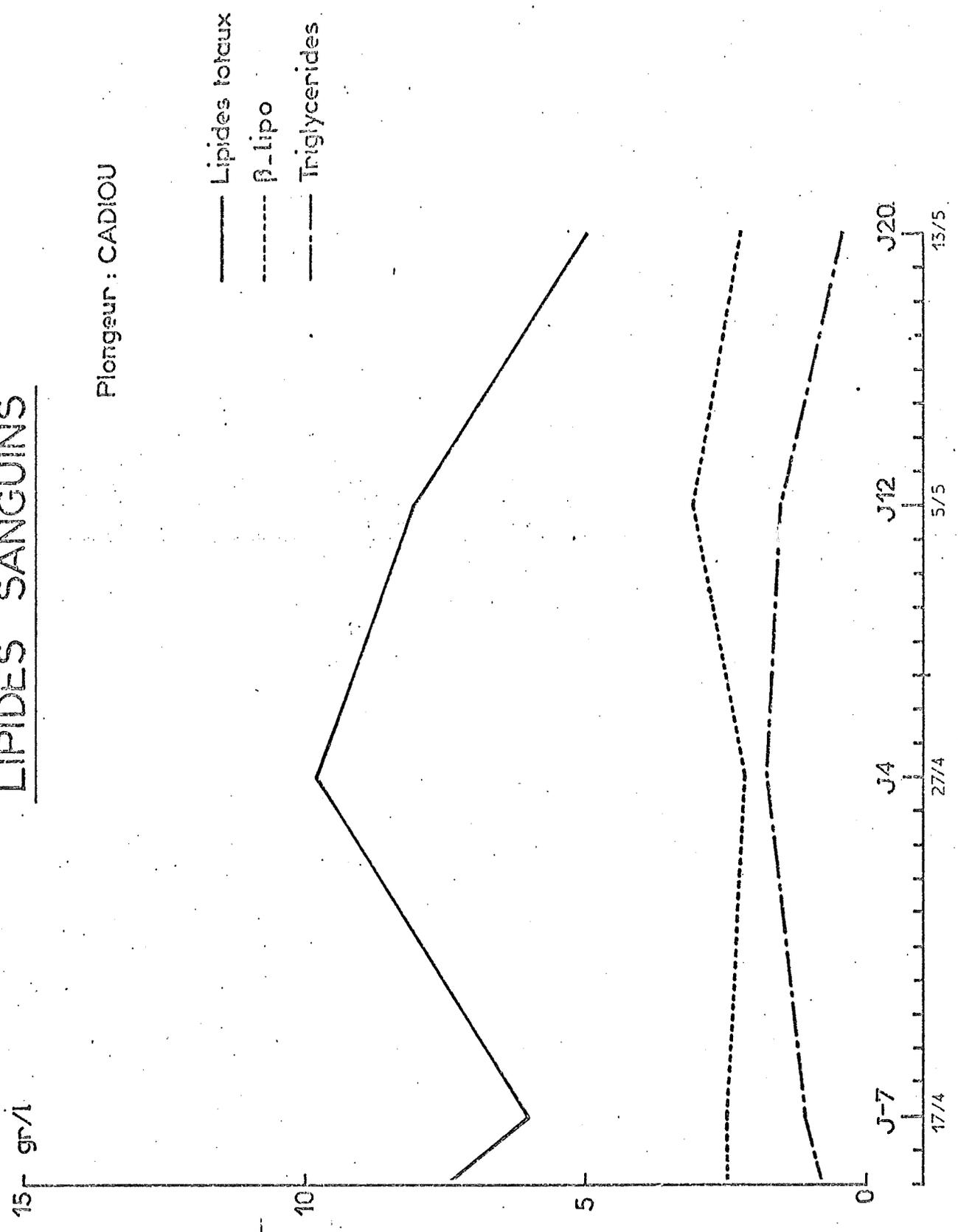
Plongeur : CADIOU

- Lipides totaux
- - - β -lipo
- · - Triglycerides



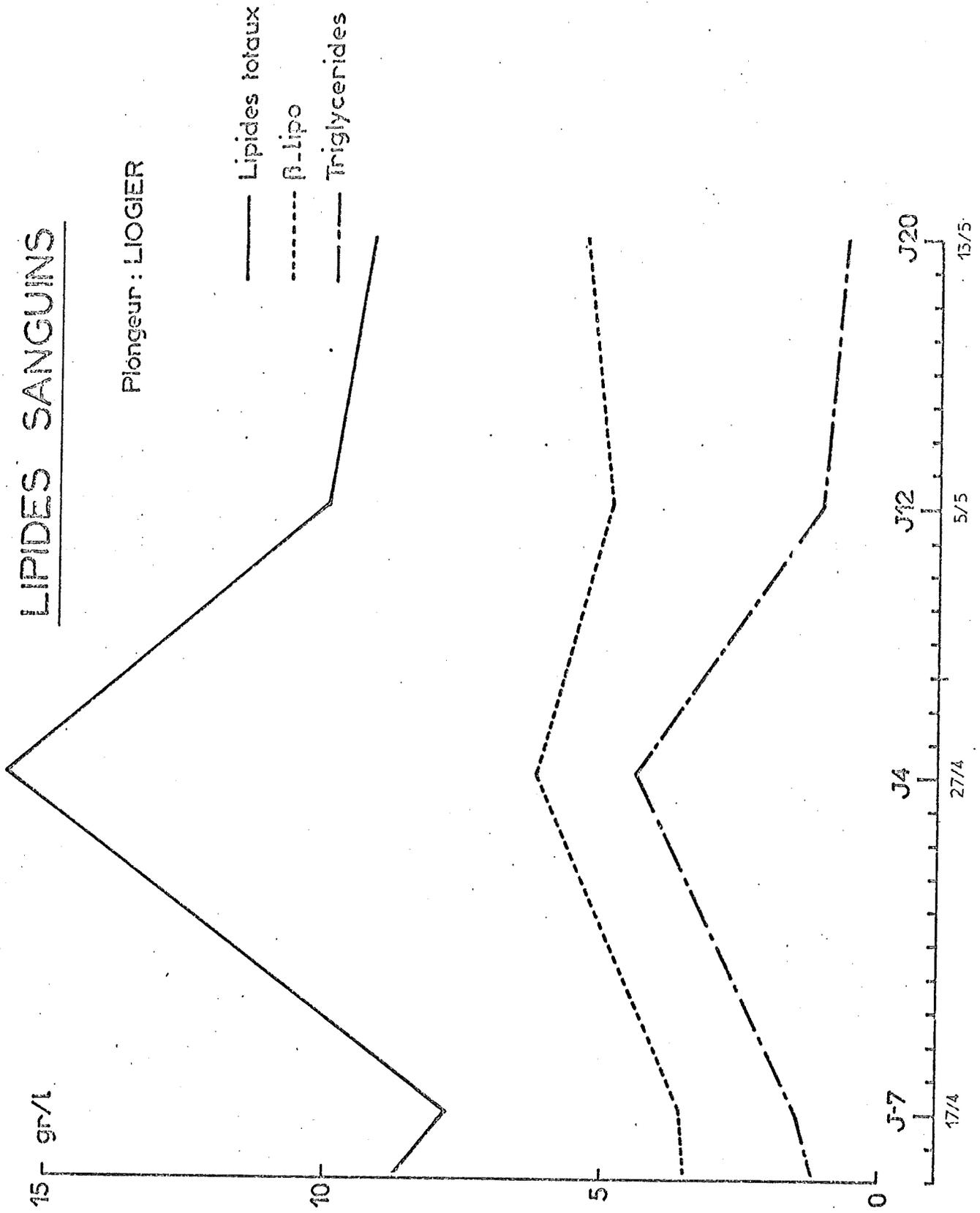
LIPIDES SANGUINS

Plongeur : CADIOU



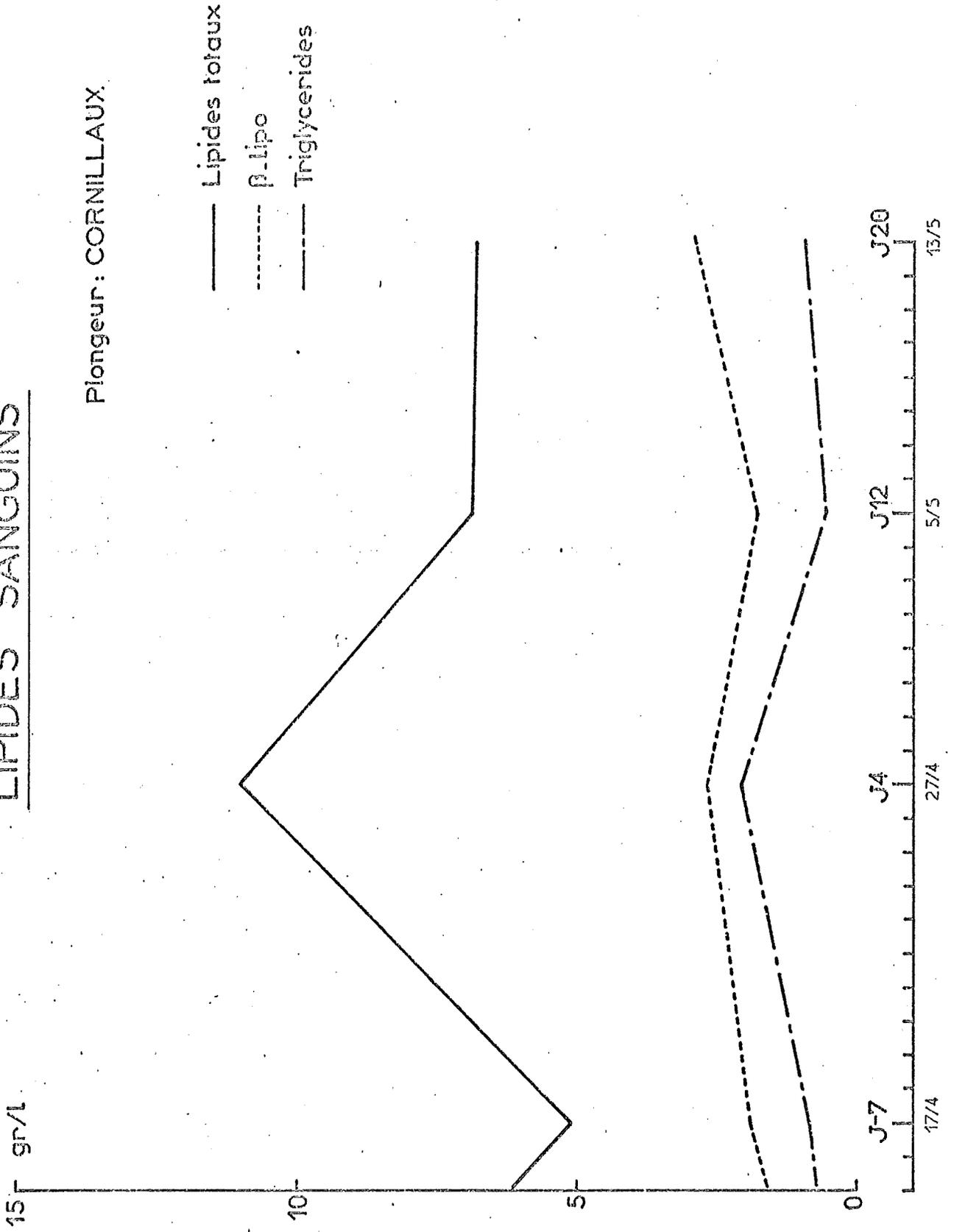
LIPIDES SANGUINS

Plongeur : LIOGIER



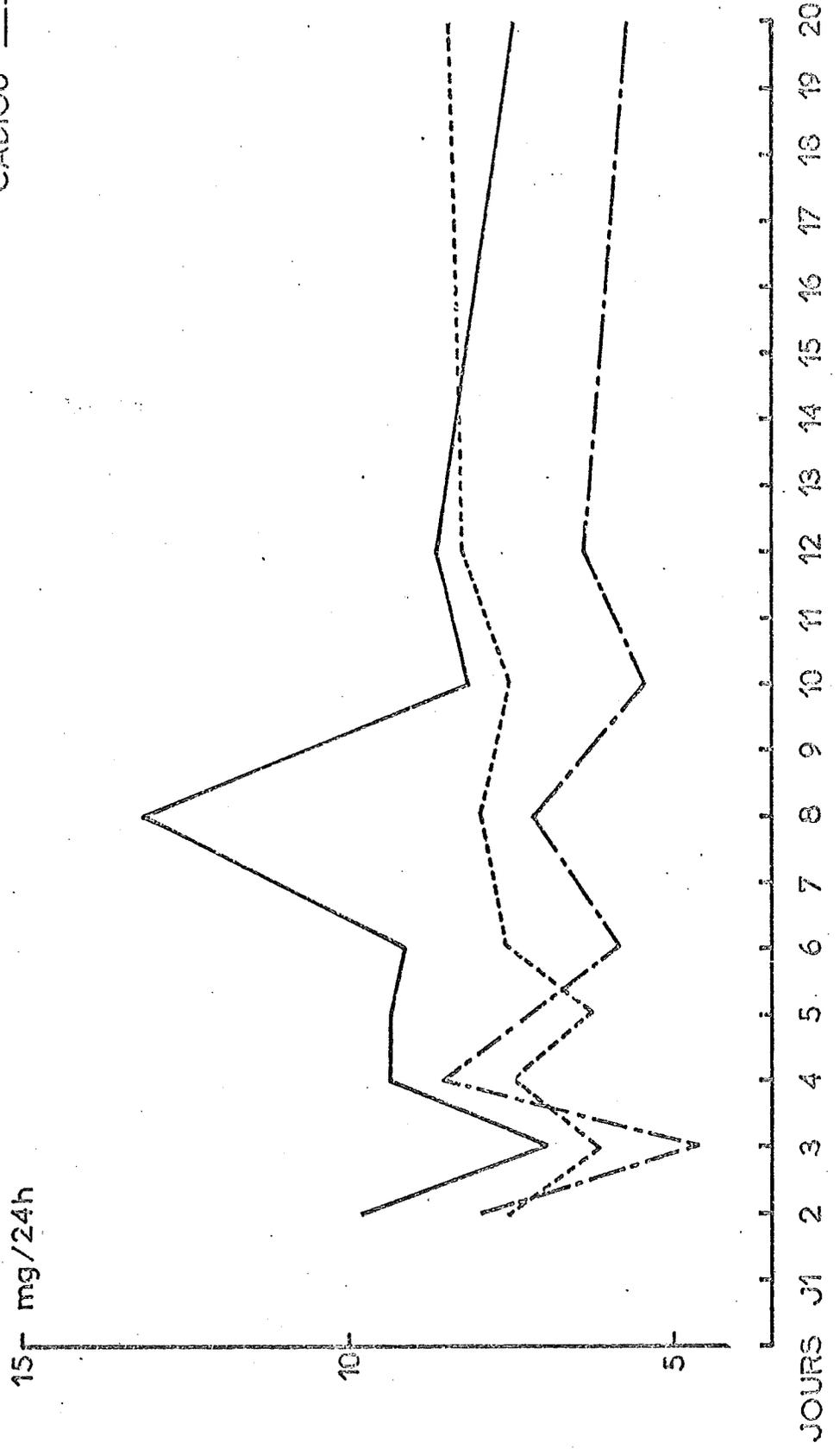
LIPIDES SANGUINS

Plongeur: CORNILLAUX



17_hydroxycorticoides urinaires.

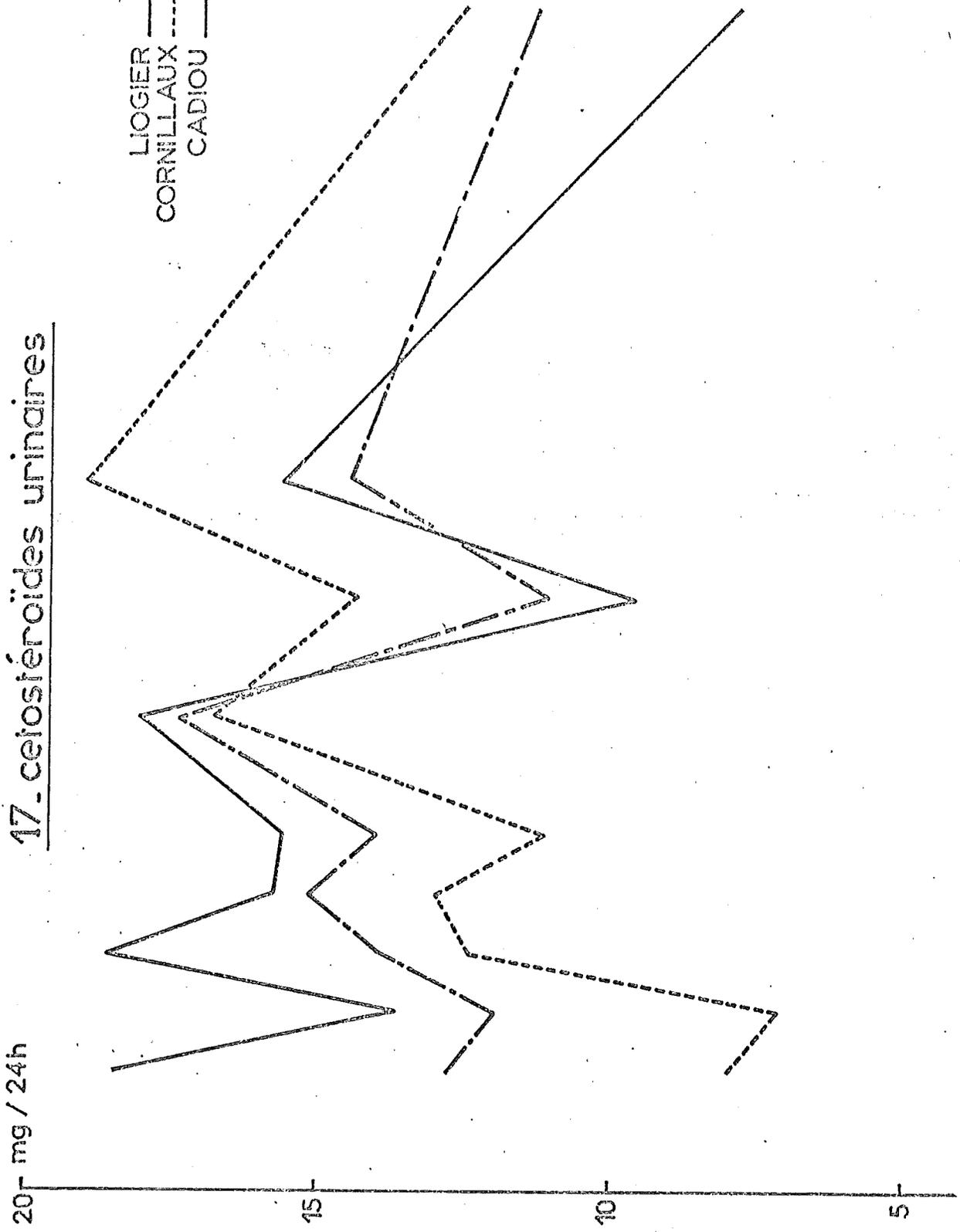
LIOGIER —
CORNILLAUX - - -
CADIOU - - -



17-cetostéroïdes urinaires

mg / 24h

LIGIER
CORNILLAUD
CADIOU



JOURS J1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

f) - Diététique

Le contrôle diététique ne partait pas d'idées préconçues sur ce que devait manger le travailleur sous-marin vivant à grande profondeur.

Il consistait seulement à fournir aux trois P J une alimentation équilibrée et dont les teneurs en calories, lipides, protides, glucides, calcium et eau seraient connues ; les bilans calciques et hydriques en particulier nous paraissant intéressants à établir.

(Voir ci-joint les tableaux diététiques des trois P J).

Les menus, réalisés par une cuisinière diététicienne ont paru satisfaire les P J, bien qu'à leur arrivée à 21 ata les aliments aient subi quelques modifications en général peu agréables.

Voici notées quelques impressions toujours concordantes des trois plongeurs :

- a) ce n'est pas l'hélium qui altère le goût des aliments mais la pression qui modifie la consistance de certains et les rend ainsi moins sapides
- b) ainsi le pain ressemble à du chewing gum lorsqu'on le mâche, les purées, les pommes frites, le riz sont "écrasés" tandis que les nouilles conservent leur aspect et, de ce fait, sont agréables à consommer.
- c) les fruits se présentent comme s'ils étaient blets (sauf les oranges) ; les bananes fraîches font penser à des bananes flambées.

Bref, les plongeurs insistent sur le fait que ni l'odorat, ni le goût ne paraissent affectés et que seule la consistance des aliments frais ou cuisinés peut être déplaisante.

CORNILLIAUX

Jours	Cal.	Protides	Lipides	Glucides	Ca.		aliments	(+ eau) total	aliments	Eau boissons	total
					aliments	(+ eau) total					
J - 8	3 684	128	139	478	1 284	1 404	1 502	1 250	2 752		
J - 7	3 732	113	175	424	1 432	1 335	1 636	1 250	2 886		
J - 6	4 032	119	182	477	1 450	1 516	1 743	850	2 593		
J 1	3 861	130	143	511	1 155	1 733	1 733				
J 2	3 625	110	148	481	1 206	1 272	1 706	750	2 456		
J 3	3 694	128	145	468	1 236	1 361	1 785	1 500	3 285		
J 4	3 623	114	168	413	1 141	1 265	1 782	1 500	3 282		
J 5	3 056	110	120	381	564	684	1 409	1 500	2 909		
J 6	3 342	108	171	341	1 165	1 321	1 102	2 000	3 102		
J 7	3 151	133	142	334	1 041	1 166	1 649	1 600	3 249		
J 8	3 468	104	165	389	1 094	1 213	1 213				
J 9	3 366	117	156	372	1 126	1 243	1 381	1 500	2 881		
J 10	3 181	106	150	351	1 088	1 173	1 275	1 100	2 375		
J 11	3 385	109	157	382	1 211	1 297	1 476	1 100	2 576		
J 12	3 295	98	140	409	1 019	1 101	1 791	1 050	3 841		

LIOGIER

Jour	Cal.	Protides	Lupides	Glucides	Ca.		aliments	Eau boissons	total
					aliments	(+ eau) total			
J - 8	3 691	134	166	414	1 350	1 497	1 586	1 700	3 286
J - 7	3 972	125	178	465	1 622	1 759	1 654	1 700	3 354
J - 6	3 975	122	196	430	1 480	1 625	1 699	1 600	3 299
J 1	3 941	130	145	528	1 158	1 157	1 157		
J 2	3 983	116	169	517	1 163	1 326	1 832	2 000	3 850
J 3	3 713	118	142	490	1 241	1 457	1 608	1 675	4 283
J 4	4 023	114	174	498	1 212	1 391	1 710	2 200	3 910
J 5	4 157	117	165	549	1 109	1 234	1 942	1 500	3 442
J 6	4 273	123	194	506	1 237	1 409	1 617	2 200	3 817
J 7	3 208	117	140	368	1 126	1 266	1 670	1 800	3 470
J 8	3 604	117	148	450	1 062	1 202	1 355	1 800	3 155
J 9	3 489	105	156	416	1 113	1 308	1 664	2 500	4 164
J 10	3 463	97	127	481	1 125	1 242	1 552	1 500	3 052
J 11	3 425	111	163	376	1 220	1 337	1 572	1 500	3 075
J 12	2 971	84	118	391	913	1 022	1 604	1 400	3 004

CADIOU

Jour	Cal.	Protides	Lipides	Glucides	Ca.		aliments	aliments	Eau boissons	total
					(+ eau)	total				
J - 8	3 919	127	164	483	1 271	1 397	1 564	1 450	3 014	
J - 7	3 822	113	170	457	1 672	1 790	1 583	1 450	3 033	
J - 6	4 061	119	188	470	1 558	1 594	1 753	400	2 153	
J 1	3 225	94	119	443	970	1 077	1 077			
J 2	3 320	102	137	419	1 148	1 195	1 549	500	2 049	
J 3	3 216	122	127	394	1 182	1 257	1 660	850	2 510	
J 4	2 501	79	118	279	941	1 032	1 200	1 150	2 350	
J 5	2 378	60	102	303	898	994	1 276	1 225	2 501	
J 6	2 744	80	141	287	1 107	1 240	1 129	1 700	2 829	
J 7	3 478	113	132	458	1 164	1 287	1 895	1 570	3 465	
J 8	2 213	79	86	279	1 013	1 200	1 200			
J 9	3 183	85	142	390	1 066	1 152	1 343	1 100	2 443	
J 10	3 152	89	139	385	1 092	1 111	1 276	250	1 526	
J 11	3 320	103	152	383	1 240	1 310	1 659	900	2 559	
J 12	2 490	88	92	325	769	843	1 529	950	2 479	

g) - Confort et hygiène de l'environnement

Nous savions depuis longtemps que le confort thermique ne pouvait être parfait dans une atmosphère d'hélium. Au cours de cette saturation à 21 ata, la température ambiante la plus supportable se situait à $30^{\circ}\text{C} \pm 1$.

La moiteur de la peau et l'impression d'avoir toujours trop chaud ou trop froid étaient aggravées par le port de tissus en fibres synthétiques.

L'humidité jouait aussi un rôle important : le contrôle de l'hygrométrie, mieux réalisé à partir du 4ème jour, fut très favorablement ressenti par les plongeurs. (voir les taux de vapeur d'eau en mg/litres)

Les bruits ne furent pas très agressifs, en particulier ceux des compressions et décompressions entre 21 et 26 ata. Mais les plongeurs eurent à se plaindre du bourdonnement de la régénération, surtout à cause de l'une des deux soufflantes, particulièrement bruyante.

Tout cela doit être mis au point pour que l'environnement soit le plus silencieux possible. En effet, le silence participe beaucoup au confort des gens confinés pour de longues durées dans un espace réduit.

La pollution bactérienne (non mesurée) a dû être convenablement maîtrisée car, par rapport à toutes les autres expériences de plongées à saturations, les trois P J furent remarquablement indemnes d'infections.

Tout au plus eurent-ils à se plaindre de mycoses bénignes des conduits auditifs, mycoses rapidement réduites par de petits traitements locaux.

Pour la première fois avait été réalisée la désinfection d'une

MM

atmosphère comprimée et cela par l' "AEROVAP"

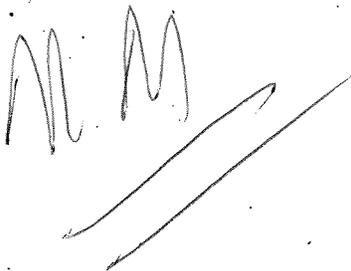
Le procédé "AEROVAP" utilise un appareil thermique qui sublime l'Hexylrésorcinol en continu.

Il crée de véritables aérosols qui sont des bactéricides puissants et inodores.

Des études ont démontré leur grande innocuité et ont permis de les utiliser couramment dans les blocs opératoires, et les chambres de malades chirurgicaux.

L'AEROVAP, modèle standard, se suspend à la paroi de la pièce ou du caisson. Il comporte une capsule d'hexorésorcinol maintenu à son point de fusion par un chauffage électrique (sur 24 volts) à 76-78°C. Du fait du petit volume de l'enceinte hyperbare, la durée de marche fut de 6 h sur 12 pendant toute la durée du séjour. L'appareil fonctionna de façon parfaite, sans odeur, sans bruit. La surveillance de son bon fonctionnement étant assurée par un voyant vert, mais on n'eut jamais à intervenir.

Bref la simplicité d'utilisation de l'AEROVAP, son encombrement insignifiant et son innocuité en font un procédé bactéricide intéressant qu'il sera sans doute possible d'adopter, comme complément de régénération des atmosphères synthétiques en enceintes hyperbares.



7°/ - SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

A l'issue de cette première phase, nous ne pouvons que noter brièvement quelques constatations importantes. Ces constatations découlent du caractère même de l'expérience. Celle-ci beaucoup plus physiologique que technique a montré que 3 hommes, jeunes, normalement constitués, physiquement entraînés mais non sélectionnés comme des cosmonautes, pouvaient, sans risque grave pour leur santé, vivre pendant 8 jours confinés dans un espace réduit en atmosphère d'héliox sous 21 ata de pression.

A partir de ce "niveau de vie" ils pouvaient passer sous 26 ata de pression durant 2 h. 2 fois par jour et fournir à ce "niveau de travail" des efforts relativement importants, sans défaillances respiratoire, musculaire ou cardiaque .

Ces 3 sujets, dans la zone des 200/250 m. nous ont paru demeurer nettement en deçà du niveau où peuvent se manifester des troubles rattachables au Syndrome Nerveux des Hautes Pressions.

Nous rappelons donc les constatations suivantes :

a) - la sélection des sujets a été satisfaisante.

Nous avons évité de donner à cette expérience un caractère d'exploit trop marqué, n'oubliant pas qu'elle débouche directement sur l'opérationnel et que nous avons besoin de bons travailleurs courageux et lucides, mais dont le courage ne soit pas la conséquence d'un simple emballement.

Pionniers dans un sens oui, mais aventuriers certainement pas.

Tels doivent être les premiers aquanautes et leur équilibre mental et caractériel est au moins aussi important que leur santé physique. C'est pourquoi les contrôles psychologiques et psychotechniques

doivent faire partie des procédés de sélection au même titre que les explorations fonctionnelles cardio-respiratoires.

- b) - l'entrainement a été suffisant, équilibré, sans excès, mais trop prolongé du fait de retards d'ordre technique, qui ont légèrement dramatisé l'expérience.

Dans la routine des opérations futures, cela ne se produira plus, mais l'on risque de tomber dans l'excès inverse les plongeurs arrivant fatigués d'un chantier précédent et n'ayant pas eu le temps de se remettre en forme physique et nerveuse.

- c) - la période de confinement, si elle n'a pas tout à fait rempli son rôle d'épreuve comparative, a été très utile pour de nombreuses mises au point.

Paradoxalement, c'est dans les phases II et III qu'il sera possible de mieux l'exploiter sur le plan physiologique.

- d) - la saturation à 200 m a été parfaite et le mélange héliox à 420 mb d'O₂ très bien supporté.

Mais les plus grands soins devront être apportés au contrôle de la température et de l'hygrométrie.

A ce niveau, les plongeurs souffrent davantage des modifications thermiques ou d'un excès de vapeur d'eau que de + quelques mb d'O₂

oui
22.1

(

- e) - les aller-retour à 250 m se firent très facilement.

Les plongeurs ne présentèrent jamais le moindre signe de passages de bulles à la remontée, et nous sommes maintenant certains que saturés à 200 m ils pourront aller travailler à 250 m pour une durée de 2 h. entre 8 h et 10 h le matin et 18 h et 20 h le soir, et remonter chaque fois sans paliers de décompression.

Des excursions plus longues ou plus rapprochées feront l'objet de tables spéciales, parfaitement réalisables dans l'avenir.

Ouigo

A la première descente de 200 à 250 m réalisée en 4 minutes, les plongeurs ont souffert de vertiges, nous rappelant qu'à cette profondeur la vitesse de pressurisation a une grande importance et que les mises en pression trop rapides sont traumatisantes.

Lors des excursions suivantes, la descente ayant eu lieu en 10 minutes, les plongeurs n'ont jamais plus ressenti aucun trouble, et se trouvaient en parfait état au fond.

- f) - la décompression plus rapide que les précédentes n'a pas été parfaite, puisqu'elle s'est soldée par des incidents et qu'il a fallu la remanier en cours de route.

Mais elle a eu l'avantage de nous tracer certaines limites et nous ouvrir la voie du progrès.

N'oublions pas que ces décompressions interminables après saturations, sont moralement éprouvantes pour les plongeurs - beaucoup plus que le séjour et le travail au fond - et que dans la limite du raisonnable, sans négliger la sécurité, nous devons essayer d'en réduire la durée.

- g) - nos observations concernant l'état de santé des sujets ont procédé d'un esprit volontairement pointilleux. En fait, les quelques petits troubles relevés, auraient fort bien pu se produire en cours d'opérations conventionnelles, et le travail sur certains chantiers moins profonds, peut être aussi traumatisant si ce n'est plus.

Le comportement des 3 P J a été relativement normal et leurs contrôles psychotechniques et neurophysiologiques n'ont pas montré de perturbations importantes.

La capacité d'effort et la fonction respiratoire ont obéi à un remarquable processus d'adaptation qui peut faire espérer à ces profondeurs des performances encore meilleures.

Seul demeure, ce que l'on pourrait appeler le syndrome articulaire des hautes pressions ("no joint juice syndrom" des Américains) qui, assez marqué chez l'un des 3 P J, pourrait chez certains travailleurs sous marins à grande profondeur, constituer un facteur limitant de l'activité physique.

Les résultats de cette première phase peuvent donc nous rendre optimistes dans la mesure où, lors des phases suivantes, et surtout en mer, nous utiliserons des équipements réalisant une protection efficace contre le froid et des casques et appareils respiratoires confortables et maniables, en toute sécurité.

C. AGARATE

Dr. X. FRUCTUS