

50376
1973
74

n° d'ordre 138
50376
1973
74

THESE

présentée à l'université
des sciences et techniques de Lille

pour obtenir le titre de docteur ingénieur par

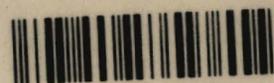
JEAN FORET

SOMMEIL ET HORAIRES DE TRAVAIL IRREGULIERS



soutenue le 17 mai 1973

M.M. S. BOUISSET président
V. BLOCH
R. NAQUET



D 030 060680 6

Ce travail est dédié à Odile BENOIT.

Sans elle, il n'aurait tout simplement pas été entrepris,
ni mené à terme.

Que soient remerciés ici, tous ceux, très nombreux, qui ont contribué à l'élaboration des résultats présentés dans cette thèse. Je dois une particulière gratitude à ceux qui ont dormi, bardés d'électrodes, à ceux qui ont passé des nuits à regarder défiler des kilomètres d'enregistrement, à ceux qui ont dépouillé, compté, calculé pendant des jours et des jours, à tous ceux enfin qui, d'une façon ou d'une autre, ont manifesté de l'intérêt pour le travail en cours.

ABREVIATIONS

- S P : Sommeil paradoxal

On peut trouver aussi dans la littérature .

- P M O : phase de mouvements oculaires
- R E M sleep : Rapid eye movement sleep
- sommeil désynchronisé, sommeil rapide, etc...

Nous avons utilisé l'expression S P de préférence à P M O, parce qu'il apparaît de plus en plus clairement que la survenue de mouvements oculaires n'est pas circonscrite à ce qu'on appelait autrefois "phase des mouvements oculaires".

Dans le texte, l'abréviation S P est employée indifféremment pour signifier "sommeil paradoxal" en général ou "plage de sommeil paradoxal".

- S L : Sommeil lent

Il s'agit en fait du sommeil à ondes lentes (stades 3 + 4)

Equivalent : S W S = slow waves sleep
- sommeil synchronisé.

- M O : Mouvements oculaires.

- S. non P. : sommeil non paradoxal, c'est-à-dire tout le sommeil moins le sommeil paradoxal.

ERRATA

- Table des matières - p. 52 - barrer "(Fig. 18)"
- p. 14 - 13ème ligne, lire "A.C." au lieu de "A.F."
- p. 30 - 16ème ligne, lire "diurnes" au lieu de "dirunes"
- p. 34 - 21ème ligne, supprimer "pour"
- p. 36 - (α Le S.P.) - 4ème ligne, lire "Elle décroît ensuite"pour"des couchers ..." au lieu de plus
- p. 70 - La numérotation des pages saute par erreur de 69 à 71. Mais aucune portion de texte n'a été omise pour autant.
- Tableau 3
Avant dernière colonne, lire "3 + 4" au lieu de "S + 4"

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
<u>INTRODUCTION</u>	1
a) La sécurité de conduite	2
b) Les relations avec autrui	2
c) L'usure de l'organisme	2
A - POPULATION	10
B - TECHNIQUE	12
1) Activité électroencéphalographique	12
2) Mouvements des yeux (M.O.)	13
3) Tonus musculaire	13
4) Autres variables	13
C - TRAITEMENT DES DONNEES	14
<u>Ière PARTIE</u>	
I - HORAIRE DE SOMMEIL	17
II - DUREE DU SOMMEIL	19
A) DUREE TOTALE DU SOMMEIL	19
B) DUREE DU SOMMEIL EN FONCTION DE L'HEURE LEGALE	20
C) DUREE DU SOMMEIL EN FONCTION DE LA DUREE DE LA VEILLE PREALABLE	22
III - POURCENTAGES GLOBAUX DES DIFFERENTS STADES DE SOMMEIL	24

	<u>Pages</u>
A) RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES	24
a) Facteurs majeurs	24
b) Autres facteurs individuels	26
B) RESULTATS PERSONNELS	28
IV - STRUCTURE TEMPORELLE DU SOMMEIL	30
A) NOMBRE ET DUREES DES CYCLES	30
a) Nombre de cycles	30
b) Durée des cycles	32
B) REPARTITION, A DUREE DE SOMMEIL EGALE, DES DIFFERENTS STADES EN FONCTION DE L'HEURE DU COUCHER	35
α) Le S.P.	36
β) Le sommeil lent (S.L.)	38
γ) Le sommeil léger (stades 0 + 1)	39
C) REPARTITION DU S.L. ET DU S.P. EN FONCTION DE LA DUREE DU SOMMEIL	40
1) Sommeil de nuit	41
2) Sommeil de fin de nuit	42
3) Sommeil de jour	42
D) REPARTITION DU S.L. ET DU S.P. EN FONCTION DE L'ORDRE DES CYCLES (Fig.14)	43

IIe PARTIE

I - GENERALITES SUR LE S.P.	45
II - LE SP ET SES RELATIONS AVEC L'ORGANISATION INTERNE DU SOMMEIL	49

	<u>Pages</u>
A) EVOLUTION DU SP EN FONCTION DE L'ORDRE DE LA PERIODE DU SP	49
B) EVOLUTION DU SP EN FONCTION DU TEMPS DE LATENCE	50
a) Etude de la durée des plages de SP	50
b) Etude du nombre de M.O. (Fig.18)	52
c) Etude de la fréquence des M.O.	54
III - LE SP ET LES RYTHMES CIRCADIENS (ROLE DE L'HEURE LEGALE)	55
 <u>CONCLUSIONS</u>	 58
I - L'ORGANISATION INTERNE DU SOMMEIL.GENERALITES	58
1 - Ontogénèse et effets de l'âge	61
2 - Interventions pharmacologiques (drogues)	63
3 - Pathologie du sommeil	64
4 - Etudes en libre-cours (free-running)	65
II - L'ORGANISATION INTERNE DU SOMMEIL - NOS RESULTATS	67
A) PERSISTANCE DES SCHEMAS DE SOMMEIL	67
B) CARACTERES DU SOMMEIL SENSIBLES A L'HORAIRE	73
1 - La durée du sommeil	73
2 - Quantité globale des différents stades	76
3 - Evolution relative du SL et du SP dans le nycthémère	78
III - EVENEMENTS PHASIQUES ET EVENEMENTS TONIQUES	83
 BIBLIOGRAPHIE	 95

INTRODUCTION

De nos jours, la durée quotidienne de fonctionnement des entreprises industrielles tend à croître dans de nombreux secteurs. Citons pour mémoire les industries "à feu continu" (hauts fourneaux, cimenteries, ...) auxquelles les impératifs techniques interdisent de s'arrêter. Plus récente est l'extension du travail continu à des secteurs nouveaux ou à ceux qui se contentaient autrefois uniquement du travail diurne (informatique, textiles artificiels, commerce, métallurgie, etc...). Les modalités d'organisation sont variées et très nombreuses (2 x 8, 3 x 8, 4 x 8 par exemple) (cf. MAURICE 1971) mais la conséquence en est toujours que les travailleurs concernés voient leurs heures de travail et donc de sommeil périodiquement décalées dans le nycthémère. Donc leurs possibilités de dormir la nuit sont elles aussi périodiques.

Les enquêtes officielles les plus récentes (Revue Française du Travail 1965) estiment que 20 p.100 environ des travailleurs français pratiquent le travail par équipes. Le caractère massif de cette constatation rend aiguë la nécessité d'une meilleure connaissance physiologique de l'homme soumis à des ruptures brusques de rythmes.

Le point de départ de ce travail n'est pourtant pas une réflexion théorique sur les problèmes du travail par postes : nous avons été directement invités à donner notre opinion, le plus scientifiquement possible sur un ensemble de plaintes émanant de travailleurs soumis à des horaires irréguliers.

Des conducteurs de trains de grandes lignes nous ont fait part des inquiétudes qu'ils ressentent devant les conséquences de leur rythme de travail et de vie.

a) La sécurité de conduite : tous les conducteurs interrogés font état d'assoupissements au poste de conduite, en particulier au cours des premières heures du jour (et le conducteur est seul sur sa machine).

b) Les relations avec autrui : les conducteurs ont l'impression d'avoir toujours sommeil, d'être fatigués et d'avoir de ce fait, des relations sociales difficiles, en particulier avec leur famille.

c) L'usure de l'organisme : les conducteurs pensent que leur métier détermine une usure prématurée de l'organisme et que l'âge de la retraite (50 ans) a été décidé en fonction de la réduction de leurs capacités. La difficulté d'avoir un bon sommeil à cause des horaires irréguliers leur paraît un élément déterminant du rejet de la vie active.

Ce n'est pas la première fois que la médecine du travail est confrontée avec les manifestations plus ou moins explicites des difficultés dues au travail continu. La littérature contient de nombreuses références où les auteurs ont utilisé des méthodes de questionnaire et d'enquêtes sur de grands échantillons de travailleurs. Citons seulement WYATT et MARRIOTT (1953), THIIIS-EVENSEN (1958), ANDLAUER et METZ (1967).

Le bilan physiologique présenté par ces études est à la fois vaste et assez diffus. Une origine psychosomatique peut parfois être invoquée pour certains des troubles, ce qui ne facilite pas la détermination des effets spécifiques des horaires alternants. Beaucoup de ces troubles relèvent de la

pathologie neurovégétative. AANONSEN (1959) compare des travailleurs de jour avec des anciens 3 x 8 mutés à l'intérieur de la même entreprise. La fréquence des troubles gastriques passe de 7,5 % chez les ouvriers de jour à 19 % pour les anciens 3 x 8, celle des ulcères de 6,6 à 32,5 %, celle des troubles nerveux de 13 % à 32 %. En liaison sans doute avec cela, des difficultés du comportement alimentaire ont souvent été mentionnées: 74 % des travailleurs questionnés par WYATT et MARRIOTT déclarent que leur appétit est meilleur quand ils sont de jour. Dans la même étude, 39 % de la population étudiée déclare avoir besoin de un à six jours pour se réadapter au rythme des repas et 23 % plus de six jours.

Des troubles du comportement sexuel sont souvent notés. Bien que nous n'ayons pas trouvé dans la littérature de résultats chiffrés, plusieurs parmi les sujets interrogés ont reconnu être victimes sinon de troubles, du moins d'une certaine lassitude sexuelle. Ce dernier fait est probablement renforcé par l'âge, et il est difficile de dire dans quelle mesure il relève du phénomène plus général de la fatigue dont se plaignent tous les sujets interviewés.

En effet, pour reprendre une expression due à BEGOIN (1957), on retrouve, à la base de la description du syndrome de la fatigue nerveuse, la "triade"

- asthénies
- troubles de l'humeur et du caractère
- troubles du sommeil.

L'asthénie psychique se traduit par l'impossibilité de tout effort intellectuel, des troubles de l'attention et de la mémoire en particulier. Cette fatigue interfère négativement avec la vie de relation. De plus, la baisse de vigilance est ressentie d'une façon pénible qui peut aller jusqu'à l'angoisse dans les cas où le maintien continu de l'attention s'accompagne d'une responsabilité importante (conducteurs de

trains, surveillants et contrôleurs de certains processus de production, par exemple).

Les troubles de l'humeur sont souvent cités. Néanmoins, ils ne sont pas généraux : ils sont peut-être masqués par la sélection naturelle qui existe dans une certaine mesure dans des professions telles que les conducteurs de train. Il est probable qu'il existe une certaine homogénéité du profil psychologique de ceux qui exercent ces professions d'où s'excluent assez spontanément des sujets fragiles ou à tendances dépressives.

Tant par leur présence que par leur gravité, les troubles du sommeil par contre sont un des éléments fondamentaux du tableau clinique des effets des horaires irréguliers. Toutes les études, qu'il s'agisse d'enquêtes ou de mesures de durée, montrent que les travailleurs en équipe dorment moins, moins bien que les travailleurs de jour et qu'ils souffrent de cet état de chose. A partir de là, s'amorce le cercle vicieux : manque de sommeil - fatigue - difficultés dans le travail et la vie sociale - insatisfaction et troubles psychologiques ou matériels.

Ainsi, dans une vaste étude portant sur la population d'une grande entreprise (9.000 personnes), THIIIS-EVENSEN (1969) arrive à la conclusion que, si le travail par poste ne paraît pas avoir d'effet sensible sur la santé des travailleurs, 20 % environ des sujets ont des difficultés importantes à s'y adapter. Il estime que la raison première de cette inadaptation est le manque de sommeil lié aux changements de poste. Il conclut que le travail par poste présente des risques pour la santé des 20 % en question.

Il existe une autre situation, de plus en plus d'actualité, où les perturbations du sommeil sont au coeur des inconvénients ressentis : la traversée rapide des fuseaux horaires au cours de voyages en avion. En effet, traverser l'Atlantique dans le sens Europe - Amérique revient à vivre tout à coup une journée qui compte six heures de plus qu'une journée normale. La conséquence la plus communément décrite est que, pendant plusieurs jours après le vol, on a des difficultés à s'adapter aux horaires du pays de destination et que cet effort s'accompagne d'une impression de fatigue diffuse ressentie gravement par les équipages qui effectuent en permanence des vols transcontinentaux. Les études faites sur cette question (bibliographie in CONROY et MILLS 1970 et BLATT et QUINLAN 1972) souffrent beaucoup de leur caractère disparate et parfois anecdotique. Néanmoins, le problème existe indiscutablement. Par ailleurs, il pose le même problème méthodologique que celui auquel nous avons été confrontés, au début de cette étude : en face de la présentation globale d'une situation créée par des ruptures d'horaires de travail, quel domaine d'études faut-il choisir ?

Nous avons choisi de nous centrer sur le sommeil et de l'étudier avec des méthodes physiologiques classiques. Cette option se justifiait par la place considérable que tient le sommeil dans la formulation des plaintes : chez plusieurs de nos sujets, le "discours" sur le sommeil revenait avec une très grande fréquence. La littérature citée plus haut nous confirme par ailleurs l'importance capitale du comportement du sommeil, dès qu'il s'agit d'un déplacement brusque dans le temps de l'alternance veille/sommeil.

S'intéresser principalement au sommeil présentait deux avantages. D'une part, nous étions convaincus par la littérature du rôle central joué par le sommeil. D'autre part, cela permettait d'aborder expérimentalement une question ayant fait l'objet de nombreux travaux ces dernières

années : dans quelle mesure le sommeil, comme beaucoup de phénomènes physiologiques est-il soumis à des fluctuations circadiennes ? Ce problème prend toute son importance dans le cas de travailleurs qui sont de par leur métier, obligés de dormir le jour et avec des horaires variables d'un jour sur l'autre ou d'une semaine sur l'autre.

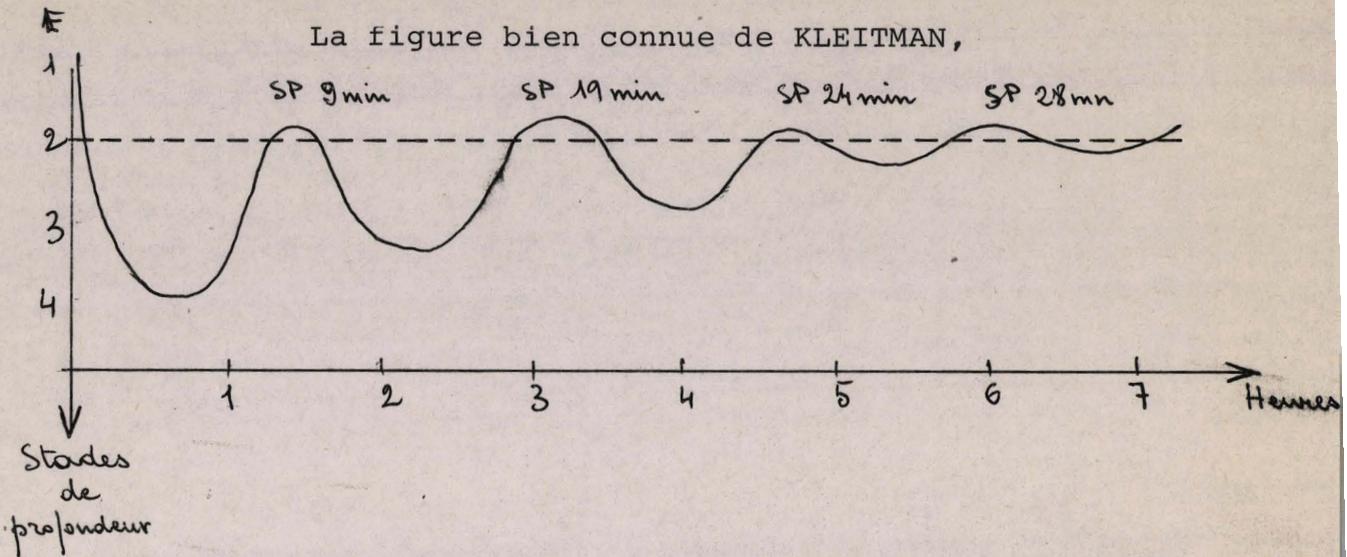
Première approche.

Dans leur première formulation, les questions portaient sur la qualité du sommeil : par exemple, peut-on dire qu'il est équivalent de se coucher à n'importe quelle heure de la nuit ? Le sommeil diurne vaut-il le sommeil nocturne, physiologiquement parlant ?

Pour répondre à un tel type de question, il faut pouvoir comparer les différents types de sommeil entre eux. Pour cela, on a choisi des fonctions simples et relatives au sommeil pris comme un tout : description temporelle du sommeil (durée, durée et nombre de cycles), composition quantitative (des différents stades).

Des études comparables ont déjà été faites : citons LILLE 1967, KRIPKE et al 1971 qui ont décrit le sommeil diurne de travailleurs de nuit avec des méthodes simples. Les résultats sont parfois déconcertants en ce sens que les différences trouvées entre sommeil diurne et sommeil nocturne sont faibles ou mêmes inexistantes.

Nous avons tenté d'aller au delà de la description du sommeil en stades définis à partir de critères électro-encéphalographiques et oculographiques (cf Traitement des données). De plus en plus, en effet, s'est imposée l'idée d'une organisation intrinsèque du sommeil. Cette logique interne se présente avec une nécessité suffisamment forte pour qu'elle ne puisse être modifiée sans difficulté.



ne prétend pas être autre chose qu'un schéma et surtout ne s'applique qu'à un sommeil de nuit.

C'est pourquoi il était tentant d'étudier comment le S.P., le sommeil lent (3 + 4), le sommeil léger (1 et 2) se comportent respectivement quand ils sont soumis à un déphasage forcé dans le nycthémère, comme c'est le cas pour les travailleurs qui changent de poste ou de brigade.

Seconde approche.

Etudiant séparément chaque type de sommeil, on peut s'intéresser ensuite à leur organisation réciproque. Il serait ainsi envisageable de déterminer à quel niveau se situent d'éventuelles modifications : dans les caractéristiques de chaque type de sommeil, ou dans la façon dont ils s'articulent l'un avec l'autre pour former l'ensemble qu'on convient d'appeler : sommeil ?

En fait, la seconde partie de ce travail est beaucoup plus précisément centrée sur le S.P. Une raison en est que le S.P. est un état très bien individualisé, non seulement par ses configurations EEG (cela est vrai pour chacun des stades), mais par tout un ensemble de

manifestations (abolition du tonus musculaire, mouvements oculaires, activité neuronique particulière, etc ...) dont l'existence simultanée est nécessaire à sa définition. Par ailleurs, l'activité neurophysiologique qui lui est sous-jacente est bien définie. On ne peut pas en dire autant des autres stades : par exemple, on ne sait pas encore quelles sont les différences physiologiques réelles entre le stade 2 et le stade 4.

Les autres raisons tiennent d'autre part :

- au caractère rythmique du S.P. Il est connu depuis longtemps que le S.P. survient toutes les 90 minutes environ, au long d'une nuit normale.
- à sa grande sensibilité à l'heure légale, c'est-à-dire l'influence circadienne. Ainsi on sait que, rare au début de la nuit, il devient abondant en fin de nuit.

L'étude du S.P. convient donc particulièrement bien à une situation où la variable imposée est avant tout l'heure légale. Le S.P. devrait être un index sensible à la mise en évidence des effets des rythmes biologiques circadiens.

Ce choix fait, il restait pratiquement à quantifier la description du S.P. Pour cela, nous avons tenu compte d'un caractère du S.P. qui s'est peu à peu dégagé d'observations effectuées depuis une dizaine d'années : son hétérogénéité dans le temps. MORUZZI (1963) a proposé le premier de distinguer les caractères toniques (désynchronisation EEG, abolition du tonus musculaire, (activité hippocampique) des caractères phasiques (mouvements oculaires, "twitches" musculaires, activités ponto-géniculo-occipitales (JEANNEROD 1965) au sein du S.P. du chat. Ces mêmes phénomènes physiologiques existent

chez l'homme. Mais, en plus, cette même distinction tonique-phasique se justifie probablement sur le plan psychologique (MOLINARI et FOULKES 1969).

Dans cette perspective, nous avons utilisé pour décrire le S.P. deux grandeurs, chacune étant caractéristique d'un aspect de la question.

- 1) la durée de chaque P.M.O. (période de mouvements oculaires)
- 2) le nombre de M.O.

Nous avons étudié les variations de ces deux grandeurs à travers toute la durée du sommeil en fonction de l'horaire du sommeil.

Tout ce qui sera exposé par la suite revient en fait à décrire avec quelle sensibilité les grandeurs descriptives: durée totale, composition en stades et nombre de M.O. du S.P., sont fonction des variations des horaires de travail et de sommeil.

METHODES.

Le travail a porté sur 24 sujets masculins adultes sur lesquels ont été effectués des enregistrements de périodes de sommeil diurnes et nocturnes. La plupart des enregistrements ont eu lieu dans un laboratoire de sommeil. Les sommeils des conducteurs de train ont été préalablement enregistrés sur un enregistreur magnétique dans les lieux où ils dorment habituellement, c'est-à-dire leur domicile ou les dépôts de gare. Tous ont été faits pendant des périodes ouvrables des sujets : ceux-ci ont donc dormi aux heures auxquelles ils auraient normalement dormi s'il n'y avait pas eu l'expérimentation.

A - POPULATION

Populations (hommes uniquement)	Nombre d'enregistrements	nombre d'enregistrements ayant permis l'étude complète du sommeil paradoxal.
<u>S.N.C.F.</u>		
Conducteurs de trains 1969 - 1970	40	21
<u>R.A.T.P.</u>		
Equipes de nuit (22h30 -6h30 1965	9	9
<u>P.T.T.</u>		
Tri postal (21h30 -5h30) 1971	25	23
TOTAL :	74	53

Après avoir éliminé un certain nombre d'enregistrements effectués dans des conditions d'ambiance trop mauvaises ou avec des dérivations importantes défectueuses, nous avons conservé 74 tracés polygraphiques de sommeil. Les enregistrements réalisés en laboratoire l'ont été sur un appareil classique à plume et encre et comptant 16 canaux. L'enregistrement sur bande magnétique étant de

capacité beaucoup plus limitée (6 voies), certains enregistrements n'ont pu être que partiellement utilisés, en particulier au détriment de la fréquence des M.O. Ceux-ci ont été comptés sur 53 tracés dépouillés complètement en termes de stades de profondeur.

- AGE.

L'âge des sujets varie entre 27 et 49 ans. L'échantillon le plus âgé en moyenne, est celui des conducteurs de train ($m = 41,5$). Il n'a pas été possible de prendre en compte le profil psychologique des sujets. Par contre, on n'a choisi que des dormeurs buvant une quantité moyenne de café ou de thé, ne prenant aucun produit pharmaceutique et ne présentant pas de signe évident d'alcoolisme chronique.

Aucun des sujets n'est débutant dans son métier. L'ancienneté est moyenne pour les travailleurs de la R.A.T.P. et des P. T. T., mais jamais inférieure à deux ans. Elle est plus importante pour les conducteurs de trains (une vingtaine d'années pour plusieurs sujets) car notre échantillon est âgé.

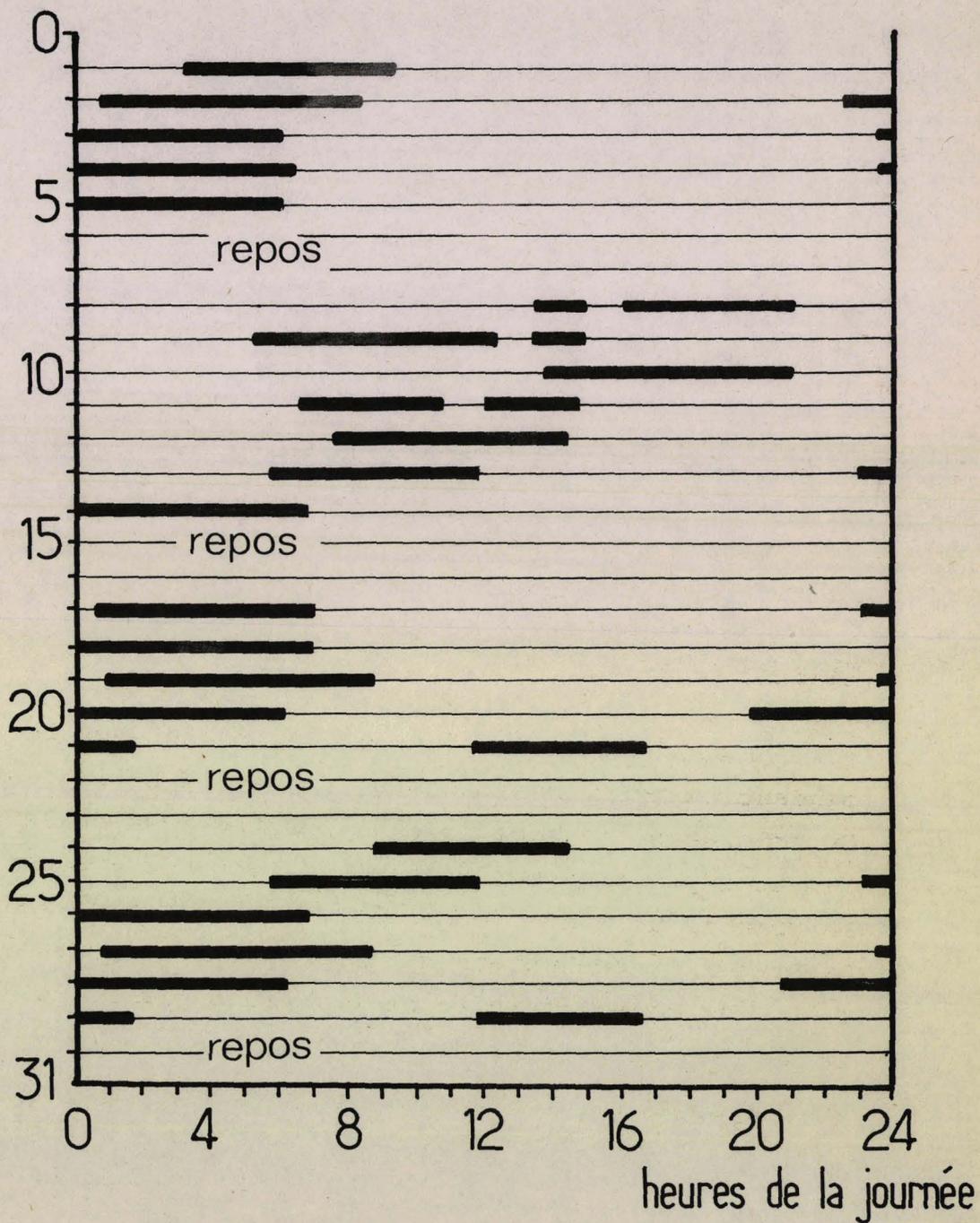
Horaires de travail et de sommeil.

Les conducteurs de trains de grandes lignes ont des horaires de travail irréguliers. Un exemple est donné sur la figure 1. Non seulement, il n'apparaît aucune périodicité nette des périodes de travail, mais les travailleurs ont à effectuer des horaires qui peuvent être fragmentés et différents d'un jour sur l'autre.

Les équipes d'entretien de la R.A.T.P. travaillent régulièrement la nuit (22h.30 - 6 h.30), cinq nuits par semaine.

Fig. N° 1

Exemple d'un "roulement" de conducteurs de train pendant un mois. En abscisse les heures de la journée. En ordonnées, de haut en bas, les journées du roulement. Les traits noirs représentent le temps de travail. Le sommeil doit donc être situé dans les zones blanches. Exemple : un conducteur qui commence à la journée 0 a le lendemain l'horaire de travail de la ligne 1, le surlendemain celui de la ligne 2, etc ...



Les agents des P.T.T. du tri postal travaillent par équipes alternantes. La période de rotation est de deux semaines. L'horaire de la brigade de nuit est 21 h.30 - 5 h.30.

Sauf dans une certaine mesure pour les équipes de nuit de la R.A.T.P., on ne peut guère parler de régularité dans la rotation des postes; en effet, en considérant les week-ends, les heures supplémentaires, les remplacements à l'amiable entre collègues, les horaires possibles de sommeil sont bien moins stables qu'on pourrait le penser.

B - TECHNIQUE.

La méthode d'enregistrement est celle qui a été standardisée chez l'homme par RECHTSCHAFFEN et KALES (1968) dans le "Manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects". Elle consiste à enregistrer les variables électroencéphalographiques et polygraphiques, qui permettent de distinguer les différents stades de profondeur de sommeil (1, 2, 3, 4, S.P.). (Fig. 2).

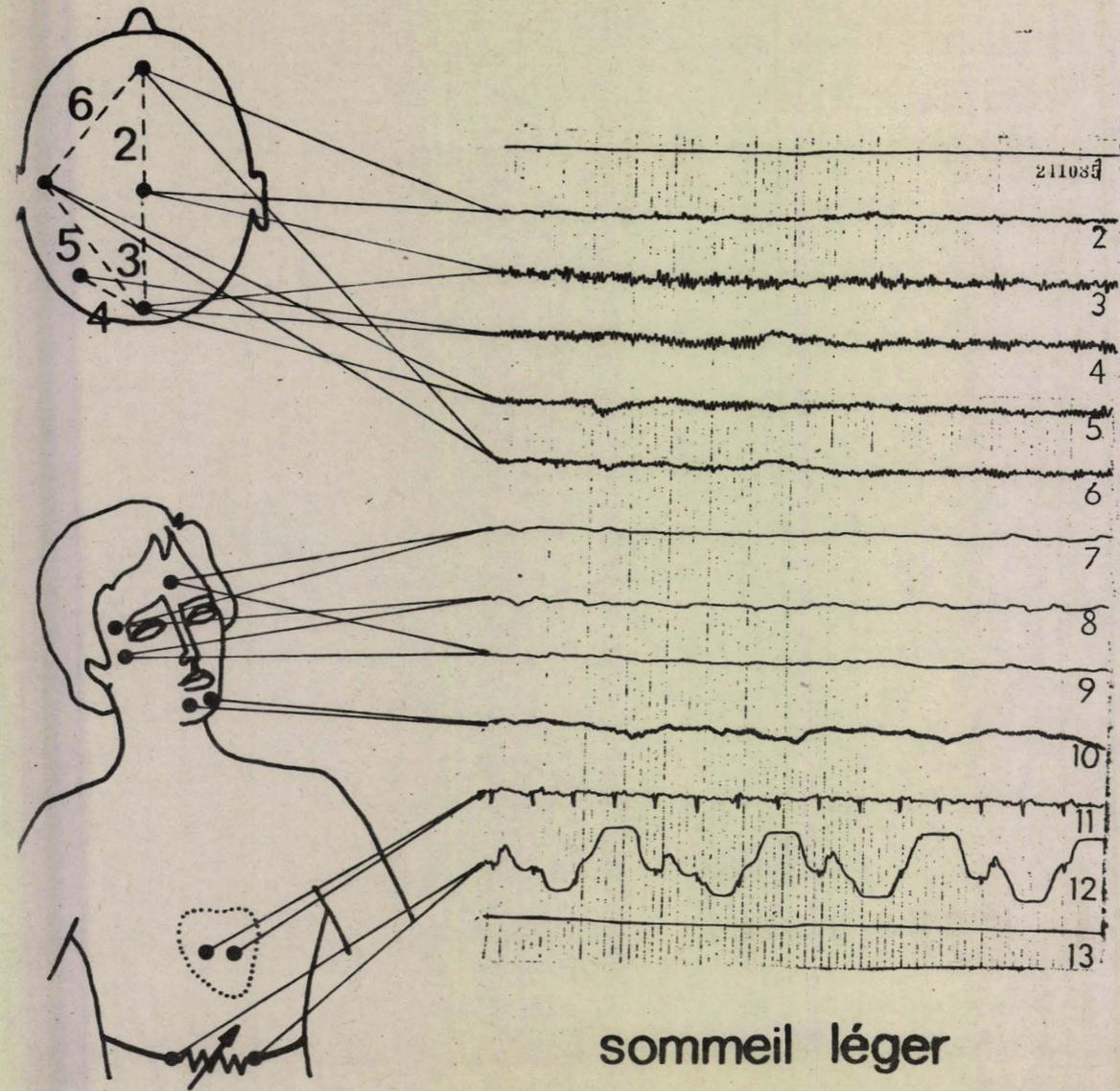
1) Activité électroencéphalographique.

Le temps de préparation devant empiéter au maximum sur le temps effectif de sommeil de sujets, nous avons utilisé en général un montage léger. Celui-ci comportait deux lignes d'électrodes, l'une dans le plan sagittal, l'autre dans un plan médian. Les électrodes étaient des cupules en argent collées au collodion.

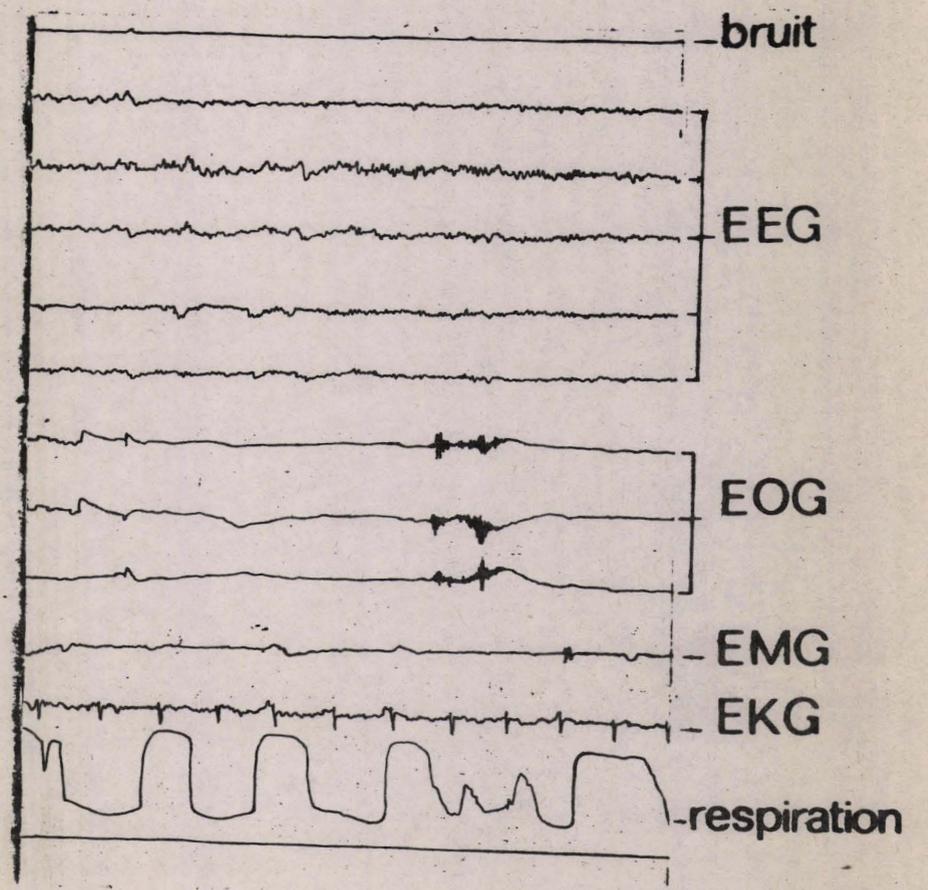
Cinq ou six dérivations furent employées. Des changements de dérivations eurent lieu parfois, au

Fig. N° 2

Dispositif expérimental pour l'enregistrement
polygraphique du sommeil.



sommeil léger



sommeil paradoxal

ENREGISTREMENT DE SOMMEIL
DISPOSITIF EXPERIMENTAL



cours des enregistrements à la suite d'incidents techniques (courts-circuits dans une électrode, rythme cardiaque ou respiratoire devenant trop important dans l'EEG, artefacts imprévus ...).

2) *Mouvements des yeux (M.O.)*

Le but recherché était de déterminer par tout ou rien l'existence d'un M.O. Il n'a pas été essayé de préciser l'amplitude, la direction ou la rapidité des mouvements. Trois électrodes placées comme il est indiqué ci-contre, suffisaient à capter la composante verticale et la composante horizontale d'un M.O. Il s'agissait d'électrodes d'EEG fixées sur la peau par du ruban adhésif chirurgical (BLENDERM).

3) *Tonus musculaire.*

Cette variable reste très importante pour la définition du sommeil paradoxal chez l'homme endormi, bien qu'elle soit moins décisive que chez le chat, par exemple. Deux électrodes collées au collodion ont été placées dans la région sous-mentonnière.

4) *Autres variables.*

Le rythme cardiaque a été systématiquement enregistré au moyen de deux électrodes collées au niveau du 5ème espace intercostal gauche.

Le rythme respiratoire a été enregistré grâce à un dispositif spécial. Il s'agit d'une lanière attachée autour du thorax et contenant une résistance sensible aux élongations.

Simultanément, un micro placé près de la tête

du dormeur, enregistrait les bruits. Ceux-ci ont été inscrits sur le papier en même temps que les variables physiologiques.

Certains enregistrements, faits au domicile des sujets ou dans les gares, (conducteurs de train S.N.C.F.) ont nécessité un matériel portatif. Ils ont donc été réalisés d'abord, grâce à un enregistreur magnétique. Mais finalement, toutes les données se sont retrouvées, soit retranscrites, soit directement enregistrées sur un appareil polygraphique classique à papier et à plumes (ALVAR). L'appareil a été réglé de façon standard : vitesse de déroulement 15 mm/s, soit une page pour 20 s.

Les amplificateurs sont de type A.F. : ils ne laissent donc pas passer d'éventuelles variations très lentes de potentiel. Pour les mouvements des yeux, une valeur moyenne ($t = 0,3$ s) de la constante de temps a été choisie. Cela permet de distinguer les M.O. les uns des autres à l'intérieur d'une bouffée sans éliminer les M.O. plus lents. Par contre, les M.O. très lents du sommeil lent n'ont pu être enregistrés.

C - Traitement des données.

Le dépouillement des tracés obtenus sur papier a été fait de façon entièrement manuelle par des vacataires entraînés à travailler d'après la description standardisée de RECHTSCHAFFEN (idem). Le décompte en stades s'est fait avec comme unité la page, c'est-à-dire 20 s. d'enregistrement (Fig.2).

L'état de veille est caractérisée par des bouffées d'activité α (8 - 12 Hz) et une activité EEG faible et de fréquence imprécise. L'abondance ou la rareté de l'alpha dépendent des sujets mais sont très caractéris-

tiques d'un individu.

- Stade 1. Activité de voltage assez faible, avec parfois, des mouvements oculaires.

- Stade 2. Présence de fuseaux (12 - 14 Hz) et de complexes K. Les complexes K sont des pointes négatives suivies d'une composante positive.

- Stade 3. Au moins 20 % et pas plus de 50 % par page d'ondes lentes delta (= 2 Hz) et de haut voltage.

- Stade 4. Plus de 50 % par page d'ondes delta.

Les périodes de sommeil en stade de profondeur calculées par min. ont été ensuite schématisées de la manière indiquée sur la figure n° 3. Ainsi, on peut voir le déroulement condensé d'une plage de sommeil et le comparer avec d'autres.

Dans les calculs de pourcentages et de durée de stades, les stades 3 et 4 ont été systématiquement additionnés. Ce procédé se justifie à notre avis parce que la distinction entre ces deux stades est faite sur des critères purement descriptifs. L'incertitude entre les deux est donc grande. Aussi, à la suite de certains chercheurs, nous parlerons du sommeil lent (S.L.), stades 3 et 4 confondus pour mieux l'opposer au stade 2 (période des fuseaux de sommeil) et au stade 1 (sommeil léger plutôt intermédiaire entre la veille et le sommeil).

- Le S.P. est défini à partir de critères toniques, c'est-à-dire une absence complète de tonus musculaire associée à une configuration électroencéphalographique semblable à celle du stade 1. En général, les M.O. surviennent de 20 à 60 s. après l'apparition des

Fig. N° 3

Déroulement de deux périodes de sommeil chez le même sujet. La figure du haut représente une période complète de sommeil de jour. La figure du bas représente le début d'un sommeil de nuit. Dans l'enregistrement nocturne, il semble que la première plage de SP soit manquée. Par contre, dans l'enregistrement diurne, la première plage de SP est précédée par très peu de S.L. (pas de stade 4).

signes toniques. Pour évaluer la durée d'un S.P., on prend comme début et comme fin le premier et le dernier M.O. Les périodes d'une minute et plus sans M.O. sont décomptées.

Le nombre de M.O.

Il suffit qu'un mouvement apparaisse sur une dérivation pour qu'il soit compté comme tel, quelle que soit sa direction, qu'il soit isolé ou qu'il apparaisse en groupe. Cette simplification va probablement à l'encontre de nouvelles descriptions des événements phasiques où l'on tient grand compte des pattern temporels (ASERINSKY 1971).

La fréquence du M.O. par minute est le rapport du nombre total de M.O. à la durée totale de la période de S.P. considérée.

La position temporelle des S.P. a été repérée d'une part, par la latence, c'est-à-dire par le temps qui s'écoule entre le début du premier stade 2 apparu dans le sommeil et la période en question; d'autre part, par leur position ordinale. Les périodes de S.P. qui durent moins d'une minute ne sont pas retenues dans le compte ordinal des P.M.O.

1ère PARTIE

I - HORAIRES DE SOMMEIL.

Avant de commencer toute mesure quantitative, il était intéressant de considérer les horaires de sommeil. Bien entendu, ceux-ci sont d'abord définis par les horaires de travail. Néanmoins, le travail occupe rarement plus du tiers du nycthémère. Le travailleur dispose donc, au moins théoriquement, d'une certaine liberté pour déterminer l'heure à laquelle il va se coucher. Aussi commencerons-nous par étudier les heures auxquelles les enregistrements ont été faits, en fonction des exigences imposées par les horaires de travail.

Les heures de coucher de l'ensemble des sujets ne se répartissent pas régulièrement sur tout le nycthémère. La majorité des sujets va se coucher entre 22 h. et midi du jour suivant. Nous avons rencontré très peu d'exemples de début de sommeil situés entre midi et 16 heures et aucun entre 16 H. et 20 H. Cela peut s'expliquer en partie par les caractères généraux des horaires de travail. Dans le cas du travail effectué en continu, beaucoup de postes se terminent ou recommencent aux heures-charnières du matin, c'est-à-dire entre 6 et 9 heures. Ce sont d'ailleurs aussi les heures où est située une grande quantité de départs et d'arrivées de trains. Mais on doit aussi constater que les travailleurs embauchant entre 23 h. et 2 h. du matin ne se couchent jamais vers la fin de l'après-midi, ce qui, théoriquement au moins, leur permettrait de dormir une quantité de sommeil normale. Il nous semble difficile de faire une typologie plus précise des horaires de sommeil. La seule observation certaine est que chaque sujet ayant quelque ancienneté dans un métier à horaires décalés, élabore sa stratégie personnelle de sommeil et qu'il s'y tient en général avec une très grande constance.

Sur la figure 4, sont reportées la durée des périodes de sommeil en fonction de leur heure de début pour la population des conducteurs de trains. Si on tient compte que de l'axe des ordonnées, on voit deux zones privilégiées pour le coucher : 22 h. - minuit et 5 h. - 10 h. Il n'est pas possible, à ce stade là, de tirer des conclusions de ces faits. Néanmoins, les habitudes qui régissent les heures de coucher peuvent suggérer l'idée que les transitions veille/sommeil sont liées à l'heure légale, c'est-à-dire soumises à une influence circadienne qui reste à préciser.

Pratiquement, il a fallu faire des regroupements pour rendre les données utilisables. Après étude séparée des résultats, il est apparu justifié d'amalgamer ceux des trois catégories de travailleurs, bien que les horaires de vie des conducteurs soient plus systématiquement irréguliers que ceux des autres catégories. D'autre part, vu la dispersion des horaires de sommeil, on a regroupé les périodes de sommeil en trois classes que l'on a dénommées :

- Sommeil de nuit quand les sujets vont se coucher avant 1 heure du matin N = 20
- Sommeil de jour quand ils vont se coucher après 6 heures du matin N = 27
- Sommeil de fin de nuit quand ils vont se coucher entre 1 et 6 heures du matin N = 6.

Ce dernier groupe est beaucoup plus dispersé dans le temps que les deux précédents (Fig. 9).

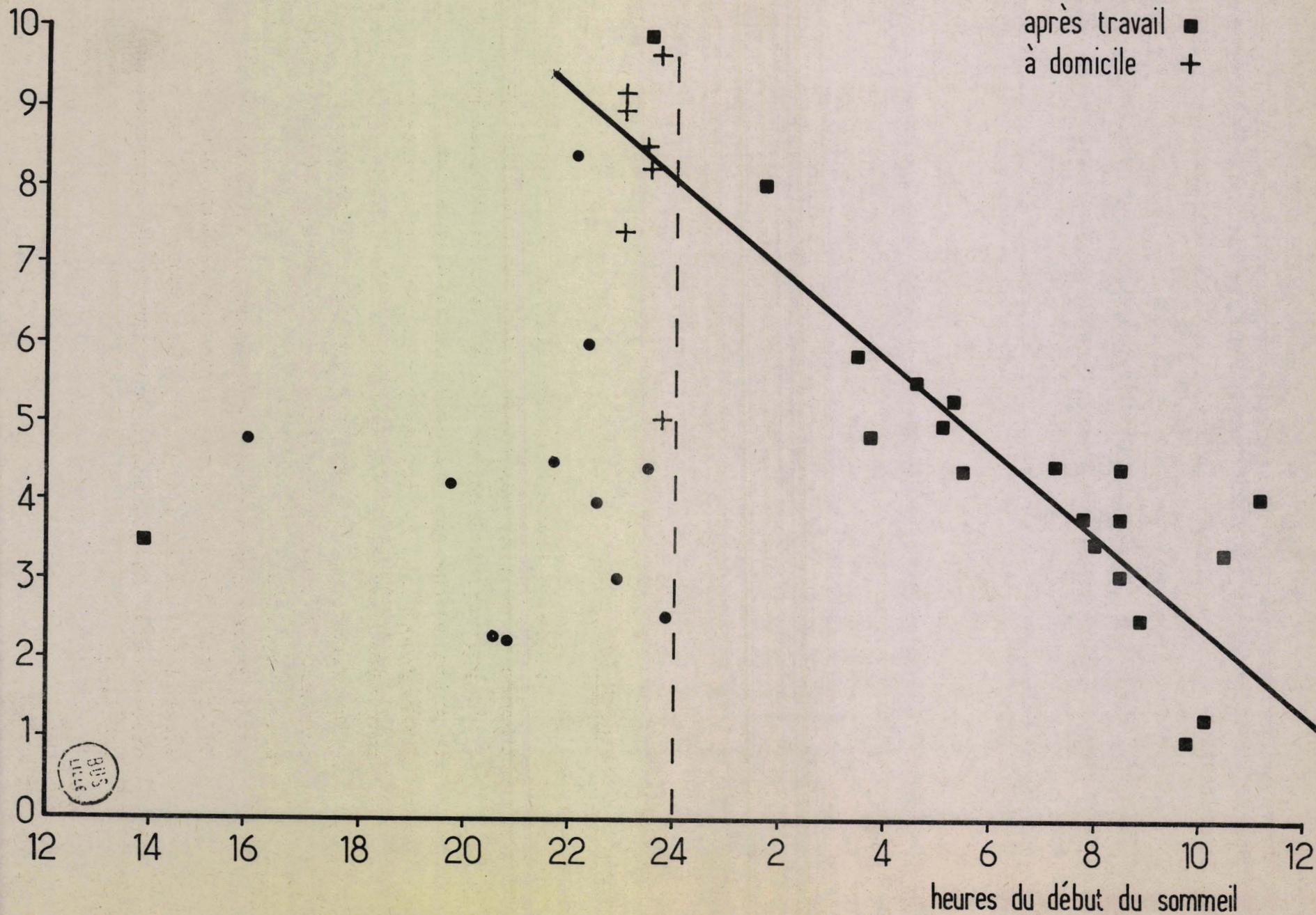
Fig. N° 4

Durée du sommeil (ordonnées) en fonction de l'heure du coucher (abscisse) (40 enregistrements)

- les points représentent des nuits interrompues par la prise du travail : l'heure du coucher n'est pratiquement pas anticipée par rapport aux nuits complètes passées à domicile.
- les croix représentent des sommeils à domicile commencés à l'heure choisie par les sujets et prolongés à leur convenance.
- les carrés représentent des sommeils après une nuit de travail. La droite de régression indique que le sommeil tend à être d'autant plus court qu'on se couche tard, ce qui n'est apparemment pas conforme au bon sens.

duree du sommeil en heures

Périodes de sommeil avant travail •
après travail ■
à domicile +



II - DUREE DU SOMMEIL.

A) Durée totale du sommeil.

Un certain nombre de travaux ont déjà abordé ce problème de la durée du sommeil chez des sujets qui ne peuvent pas dormir régulièrement de nuit pour des raisons professionnelles. On dispose de deux sources de renseignements : des enquêtes par questionnaires avant les études physiologiques proprement dites, et les durées des enregistrements eux-mêmes. On a reporté dans le tableau 1 des chiffres extraits d'articles de KRIPKE et al (1971), TUNE (1969) et QUAAS (1969). L'ensemble des valeurs est cohérent, bien que les différences dans les méthodes de mesure interdisent qu'on les compare strictement entre elles. On voit que toutes les moyennes des sommeils diurnes, sauf une, se situent en-dessous de 7 heures. Le chiffre donné par QUAAS semble particulièrement intéressant car il concerne le sommeil de 1600 ouvriers d'une petite ville industrielle, c'est-à-dire que cela exclut quelques facteurs défavorables, en particulier la durée du trajet domicile-travail.

Tous nos sujets vivent dans la région parisienne et, de ce fait, sont victimes des contraintes matérielles dues à une grande cité. Bien que cela signifie des pertes de temps supplémentaires souvent au détriment du sommeil, nos chiffres de durée de sommeil s'encadrent bien entre les extrema de durée enregistrés par les auteurs cités (Tableau 1).

Fait plus important : dans les chiffres donnés par les auteurs cités plus haut, le sommeil nocturne apparaît systématiquement plus long que le sommeil diurne chez les mêmes individus. Il serait intéressant d'avoir

- TABLEAU 1 -

	R.A.T.P.	P.T.T.	S.N.C.F.	TUNE	KRIPKE et al (1971)	QUAAS (1969)
ENQUÊTES	Jours ouvrables Sommeil de jour	6h 55 ---	Durée de sommeil par 24h de travail 6h 22	7h 12	4h 24	6h 06
	Nuits de repos	9h 46 ---	7h 59	8h 12	---	7h 35 (poste du matin)
ENREGISTREMENTS	Jours ouvrables Sommeil de jour	6h 04 6h 06	Sommeils commencés après minuit 5h 20	---	6h 25	---
	Nuits de repos	---	8h 42	---	---	---
	Travailleurs de nuit	Travail par poste	Horaires irréguliers	Travail par poste	Employés d'hôpitaux 23h---7h	1600 travailleurs par poste.Pet. ville industr.



des chiffres de durée de sommeil pendant les jours de repos et les vacances. Des résultats que nous avons recueillis de manière non systématique montrent, en accord avec LILLE (1967), une augmentation de la durée du sommeil nocturne qui correspond probablement à la récupération d'un déficit cumulé pendant les jours ouvrables.

Les moyennes faites bien entendu en excluant les sommeils interrompus pour prendre le travail, sont les suivantes sur l'ensemble de nos enregistrements.

- Nuit	475,7 = 7 h 55	$\sigma = 68,8$ min
- Jour	356,7 = 5 h 56	$\sigma = 99,9$ min
- Fin de nuit	346,7 = 5 h 46	$\sigma = 71,7$ min

On remarque la dispersion particulièrement grande de la durée des sommeils diurnes. Elle tient probablement au manque d'homogénéité des heures de début des périodes de sommeil classées sous l'appellation "Sommeil de jour". En effet, on verra par la suite, que, à des heures de coucher différentes, correspondent des durées de sommeil très différentes. Nos résultats confirment bien la tendance indiquée dans la littérature d'une durée totale moindre du sommeil diurne par rapport au sommeil nocturne.

B) Durée du sommeil en fonction de l'heure légale.

La fig. n° 4 (déjà citée) représente la durée des périodes de sommeil en fonction de l'heure du début chez une catégorie professionnelle étudiée, les conducteurs

de train. Si on exclut les points correspondant à des périodes de sommeil interrompues, les sommeils à domicile non limités (+) et les sommeils après la fin du travail (-) sont liés à l'heure du début du sommeil par une relation linéaire de pente négative (corrélation $t = 0,94$ significative à $p < .001$). La droite de régression a pour équation $Y = -0,87 X + 335$ où exprimés en minutes, Y représente la durée du sommeil et X le temps écoulé depuis 0 h.

En résumé, on peut dire d'un dormeur du matin que, plus il se couche tard, moins il dort. Ou, ce qui revient au même, qu'il se réveille à peu près toujours à la même heure, quel que soit le moment auquel il s'est couché. Cependant, il faut reconnaître que la durée des sommeils diurnes est soumise à des influences extra-physiologiques. Si les gens dorment peu le matin, on peut penser qu'ils sont victimes de l'ambiance sonore, de la lumière, des contraintes de la vie sociale, etc... Devant la force de cette évidence, on pourrait s'en tenir à la conclusion provisoire qu'il existe une corrélation négative forte entre la durée du sommeil et l'heure à laquelle on va se coucher.

Néanmoins, de nombreuses études, aussi bien psychologiques que neurophysiologiques nous ont appris que le niveau d'activation du système nerveux humain est soumis à des fluctuations périodiques circadiennes (i.e. de période = 24 h.). Les manifestations de cette périodicité sont multiples : température centrale, efficacité mentale, (COLQUHOUN 1971), phénomènes végétatifs, etc ... Nous nous proposons donc de revenir dans la discussion sur ce problème tout à fait central dans le cas présent : quels sont les rôles respectifs des rythmes biologiques internes et des stimulations venant de l'environnement dans la composition du sommeil?

C) Durée du sommeil en fonction de la durée de la veille préalable.

Pour répondre à cette dernière question, il faut étudier au préalable l'influence d'un autre facteur auquel, spontanément, on attribuerait volontiers un rôle important : la durée du temps de veille qui a précédé la période de sommeil. (On verra par la suite que ce facteur a une importance réelle dans la composition en stades du sommeil qui suit). Pour cela, nous avons utilisé tous les chiffres de durées de veille dont nous étions sûrs, mais sans tenir compte de l'heure légale de l'endormissement. Une corrélation a été faite entre, d'une part, les durées de veille, d'autre part, les durées de sommeil qu'il s'agisse de travailleurs allant se coucher dans la soirée, très tard dans la nuit ou le matin.

L'équation de la droite de régression trouvée est :

$$Y = -0,26 x + 11 \quad (\text{Fig. 5})$$

Y = durée du sommeil

où

x = durée de la veille préalable en heures

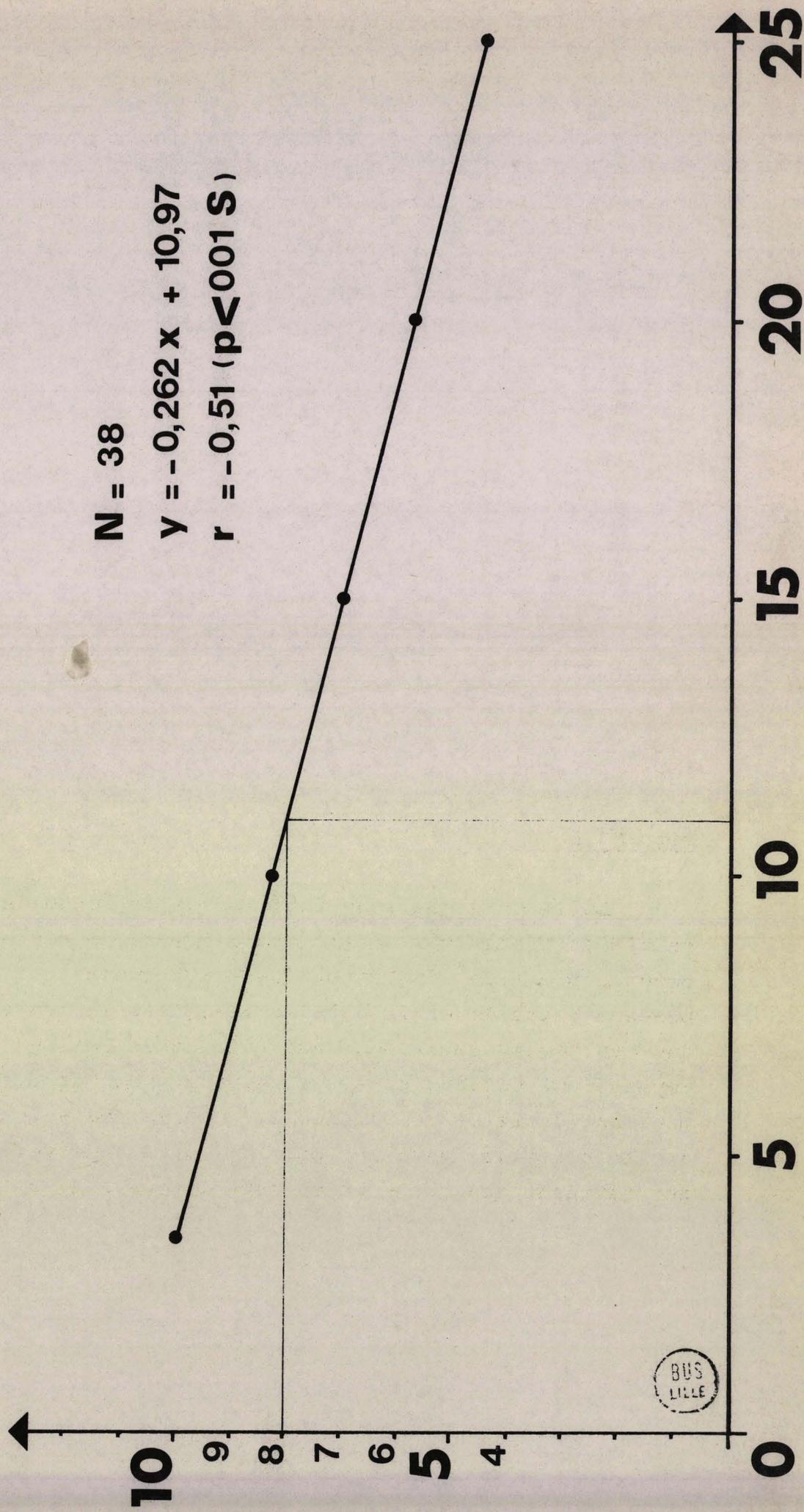
avec un coefficient de corrélation de $r = 0,51$ ce qui, pour une population de $N = 38$ est significatif au seuil de .001.

Cela signifie que, même si on suppose qu'il n'existe pas d'éventuels déficits en sommeil, la durée du sommeil est inversement proportionnelle à la durée de la veille préalable. Si, en plus, les sujets se trouvent dans un état de manque de sommeil (ce qui est

Fig. N° 5

Durée du sommeil en fonction de la durée de la veille préalable. Il s'agit de la droite de régression obtenue pour une vingtaine d'enregistrements qui se placent entre 14 et 22 h de veille. La relation est donc surtout valable pour des valeurs de veille moyenne. On obtient par exemple un sommeil de 7,1 heure pour une durée de veille de 16,9 heures. Mais cette droite n'a plus de valeur pour des durées de veille qui seraient très courtes ou supérieures à 24 h.

DUREE SOMMEIL (en heures)



VEILLE PREALABLE (en heures)

BUS
LILLE

probable pour certains de nos enregistrements), ce résultat est encore plus frappant.

Bien entendu, il ne faut tenir compte que de la partie centrale de la droite de régression; les extrémités sont dépourvues de signification. Malgré cette restriction, le sens de la relation est clair : plus longtemps on veille, moins on dort ensuite. Cela semble heurter le sens commun, mais c'est, à notre avis, un argument puissant en faveur de l'importance du rythme circadien. On peut éliminer l'hypothèse que l'allongement de la veille soit en lui-même la cause du raccourcissement de sommeil suivant. Remarquons seulement que la relation trouvée ne plaide pas en faveur de l'importance, ni même de l'existence d'un éventuel "besoin de sommeil" de l'organisme - dont on parle toujours mais dont on ne trouve jamais les preuves irréfutables de son existence (cf. discussion). La seule explication possible semble donc bien être celle qui se trouve dans le chapitre précédent : on a vu que les travailleurs dormaient d'autant moins qu'ils étaient contraints de dormir à des heures plus décalées par rapport aux heures nocturnes habituelles.

Les deux ensembles de résultats sont convergents: Par exemple, si on va se coucher très tard dans la matinée, que cela corresponde à une "nuit blanche" isolée (temps de veille allongé) ou à un rythme de vie maintenu pendant quelques jours (décalage dans le nycthémère), la conséquence physiologique est la même. Le nombre d'heures favorables au sommeil qui restent après la veille est diminué : en effet, à cause de la rigidité circadienne on retombe rapidement dans des plages du nycthémère favorables à la veille.

La conclusion, assez pessimiste dans la perspec-

tive d'une extension des horaires alternants, est que, physiologiquement parlant, il est toujours préférable de dormir la nuit, aux heures que chacun a pu expérimenter comme étant les meilleures pour soi-même.

Il reste un gros problème qui ne sera pas abordé ici : celui de l'adaptation aux horaires décalées, c'est-à-dire celui de la diminution de cette rigidité circadienne. Combien de temps est nécessaire et avec quel coût physiologique ?

III - POURCENTAGES GLOBAUX DES DIFFERENTS STADES DE SOMMEIL.

A) Rappels bibliographiques.

A travers la littérature abondante consacrée à ce thème, on sait qu'un grand nombre de facteurs peut intervenir sur la composition en stades du sommeil.

a) Facteurs majeurs.

1 - L'heure du coucher, ou pour être plus précis, la situation de la plage de sommeil dans le nycthémère. C'est à l'influence de ce facteur que nous allons plus particulièrement nous attacher dans tout ce travail.

2 - La durée du sommeil lui-même.

On sait en particulier que dans une nuit habituelle, le sommeil lent survient principalement au début de la nuit, le S.P. à la fin. Il n'est donc pas question de comparer sans précaution les durées absolues et relatives de chaque stade de sommeil de deux plages de sommeil qui auraient des durées différentes. Ce facteur est à classer parmi ceux qui relèvent de "l'organisation

interne du sommeil".

3 - Le déficit en sommeil.

Les effets du déficit de sommeil ont été clairement mis en évidence dans des expériences de privation d'où est exclue toute interférence avec d'autres effets, en particulier circadien. On constate que les besoins en S.P. et en S.L. se manifestent à la récupération avec un certain ordre de préséance : la première nuit de récupération (ainsi que les nuits écourtées, si la privation s'étend sur plusieurs jours) manifeste une augmentation notable (absolue et relative) du S.L. par rapport à la ligne de base. Le "rebound" de S.P. ne se produit que plus tard (à partir de la deuxième nuit de récupération).

Dans des horaires de sommeil réellement vécus par des travailleurs, il devient difficile de quantifier pratiquement la grandeur : déficit de sommeil. On a vu que nos sujets dorment moins quand ils travaillent la nuit. Donc, on peut parler dans leur cas, de déficit de sommeil. Mais il est malaisé de chiffrer ce déficit. On peut seulement parler de moyennes de déficit par tranche de 24 h. Mais, ce faisant, on ne tient pas compte du fait que les sujets ont dormi pendant le jour et non à leurs heures habituelles, ce qui est toujours le cas dans les expériences en laboratoire sur le manque de sommeil.

De toute façon, dans la littérature, très peu d'études prétendent ~~xx)~~ en tout cas chez l'homme -

~~xx)~~sauf peut-être JOUVET (1972) qui propose des équations du type $SL = k \log W$ et $SP = k'W$. La durée du SL est une fonction linéaire au logarithme de la veille précédente. Celle du SP est directement proportionnelle à la durée de la veille.

qu'il y ait une relation quantitative entre la durée de ces "rebounds" et l'ampleur du déficit. Cette non-liaison est à rapprocher de celle précédemment rapportée entre durée de veille et durée de sommeil consécutif.

C'est pourquoi, il sera assez peu fait appel à la notion de déficit de sommeil pour justifier des résultats. Il ne sera pas tenté de chiffrer le déficit éventuel des dormeurs qui se prêtent à l'expérimentation.

4 - La durée de la veille qui a précédé le sommeil.

Ce facteur non évident, car on aurait tendance d'emblée, à le confondre avec la privation de sommeil, joue un rôle important dans la composition du sommeil. Son rôle a bien été étudié expérimentalement par WEBB et AGNEW (1971). Des sujets dorment de 23 h. à 3 h., sont réveillés, puis réautorisés à dormir après un certain nombre d'heures de veille. La quantité maximale de S.P. est obtenue, non en fonction de la durée de la veille imposée, mais pour les sommeils commençant vers 7 h. Cela tend à prouver que la quantité de S.P. varie indépendamment de la durée de la veille précédente. Elle est principalement régie par l'heure absolue, c'est-à-dire est soumise à une influence circadienne.

b) Autres facteurs individuels.

- Profil caractériel.

Le degré d'introversion paraît corrélé assez fortement avec le type de sommeil habituel; est-on un petit ou un gros dormeur ? Un dormeur du soir ou un dormeur du matin ? Des corrélations entre le profil psychologique de sujets et leurs comportements psychophysologiques circadiens ont été établis (BLAKE 1971).

- L'état général de l'organisme - la fatigue.

Bien que, là encore, il s'agisse de notions difficiles à préciser scientifiquement, il fait peu de doute qu'elles interviennent sur les caractéristiques du sommeil.

- L'activité précèdent le sommeil.

D'assez nombreuses expériences ont été faites en laboratoire pour déterminer le retentissement que peut avoir l'activité diurne sur le sommeil qui lui est consécutif. Des résultats n'apparaissent avec une certaine netteté que dans des situations expérimentales extrêmes. Si on tient compte du fait que certaines de ces études portent sur des animaux, il faut donc être prudent dans l'utilisation de ces résultats pour expliquer le comportement du sommeil humain. Le résultat le plus clair (et aussi le plus plausible) est que l'exercice physique accroît le S.L. (BAEKELAND et LASKY 1966). A l'opposé, il semble qu'un effort intellectuel intense provoque une augmentation du S.P. consécutif. Mais, peut-être la raison profonde est-elle plutôt l'état de stress induit par le caractère très contraignant de la tâche imposée.

Les résultats présentés ici ont tous été obtenus à partir d'enregistrements faits pendant des périodes de travail des sujets. On n'a donc pas tenté de maîtriser les paramètres précédemment passés en revue de façon systématique, mais ils seront pris en compte dans la discussion.

- La capacité d'adaptation au changement.

Sans qu'il soit actuellement possible de mieux préciser quels mécanismes physiologiques sont

sous-jacents à cette plus ou moins grande plasticité aux changements d'horaires, les statistiques d'ancienneté dans les métiers par postes et les enquêtes d'opinion prouvent qu'un pourcentage important de gens s'adapte mal à toute rotation d'horaires et en souffre plus que les autres.

Ce caractère est lié certainement à l'âge.

On peut admettre, d'après la littérature consacrée à ce thème, que l'âge influe très peu sur la composition du sommeil humain, entre 20 et 50 ans. Par contre, il est probable que la sensibilité aux perturbations extérieures et la difficulté à s'adapter à des changements brusques d'horaires augmente notablement.

B) Résultats personnels.

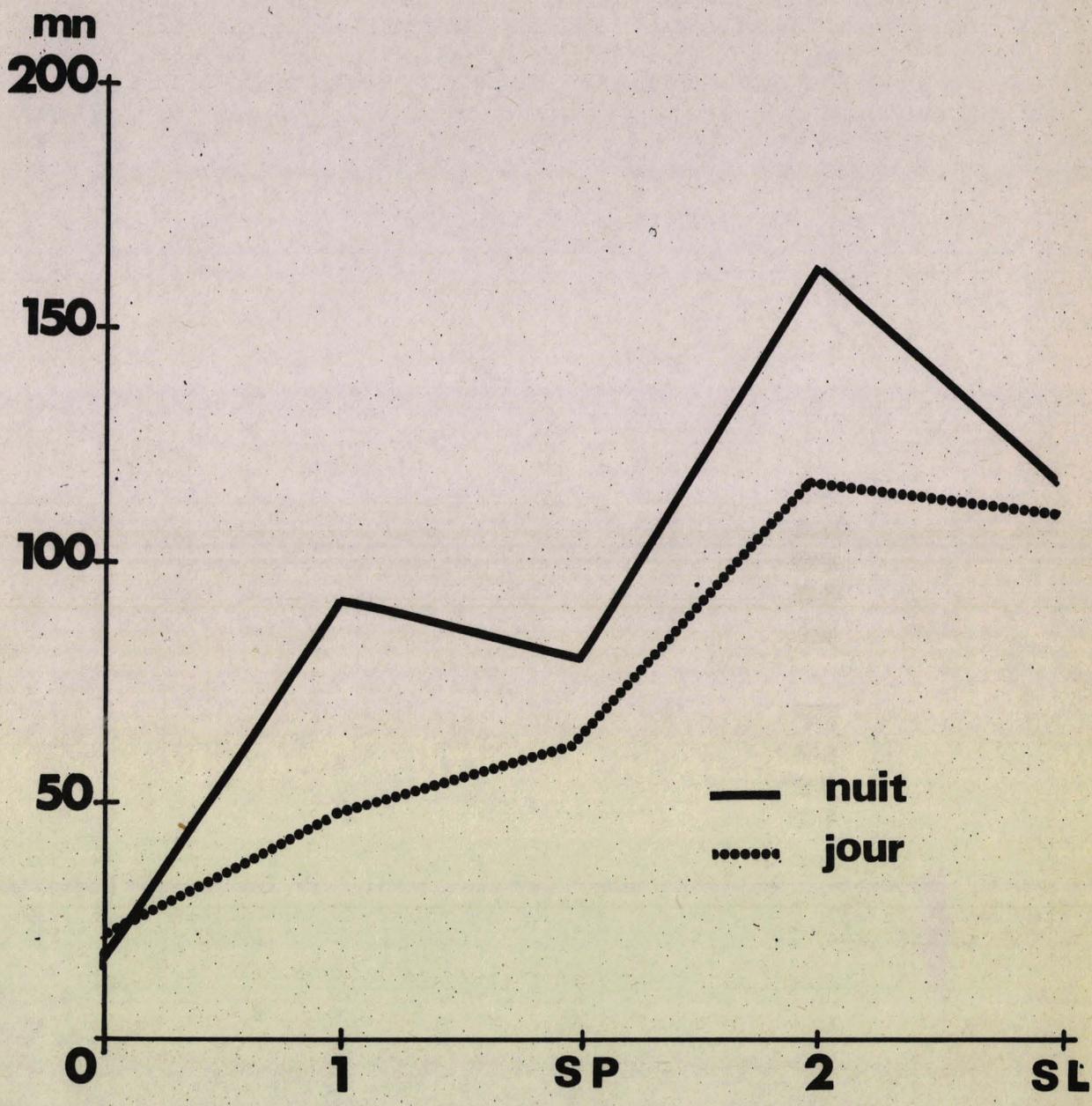
Sur la figure 6, sont reportées les moyennes exprimées en minutes, de la durée des différents stades dans les deux types de sommeil : nuit et jour. Elles sont placées dans l'ordre suivant : veille (stade 0), stade 1, S.P., stade 2, S.L. (stades 3 + 4). Puisqu'il s'agit de durées absolues, le diagramme des sommeils diurnes (qu'on a vu être plus courts que le sommeil de nuit) est situé presque entièrement en-dessous de celui des sommeils nocturnes. Il faut noter :

- l'égalité pratique entre les quantités diurne et nocturne du S.L.,
- l'infériorité de la qq de S.P. diurne (20 min. de moins que la nuit),
- la différence encore plus importante entre le stade 2 nocturne et le stade 2 diurne (= 40 min.),
- la grosse différence dans le sommeil léger (stade 1).

Fig. N° 6

Quantités absolues moyennes exprimées en minutes des différents stades de profondeur pour des sommeils nocturnes et pour des sommeils diurnes.

La courbe diurne est située sous la courbe nocturne. Des différences de durée sont visibles pour tous les stades sauf pour le SL dont la quantité reste pratiquement constante la nuit comme le jour.



Il faut comparer ces résultats avec ceux de WEBB et al (1971) et de WEITZMANN et al (1970) qui rapportent des expériences d'inversions aigües d'horaires réalisées en laboratoire. Les discordances apparaissent clairement entre leurs résultats (fig. 7) et les nôtres. Ces auteurs ne trouvent pas de différence dans la durée du sommeil (mais il s'agit dans les deux cas d'expériences de laboratoire utilisant des ~~su~~ ~~jets~~ ~~jeunes~~. Ils n'en trouvent pas non plus dans les quantités cumulées des différents stades.

La comparaison entre leurs résultats et les nôtres n'est donc pas concluante. La seule conclusion cohérente serait de dire que, si nos sujets dormaient aussi longtemps le jour que la nuit, leur sommeil aurait la même composition globale dans les deux cas. Le problème est justement qu'ils dorment nettement moins le jour que la nuit ...

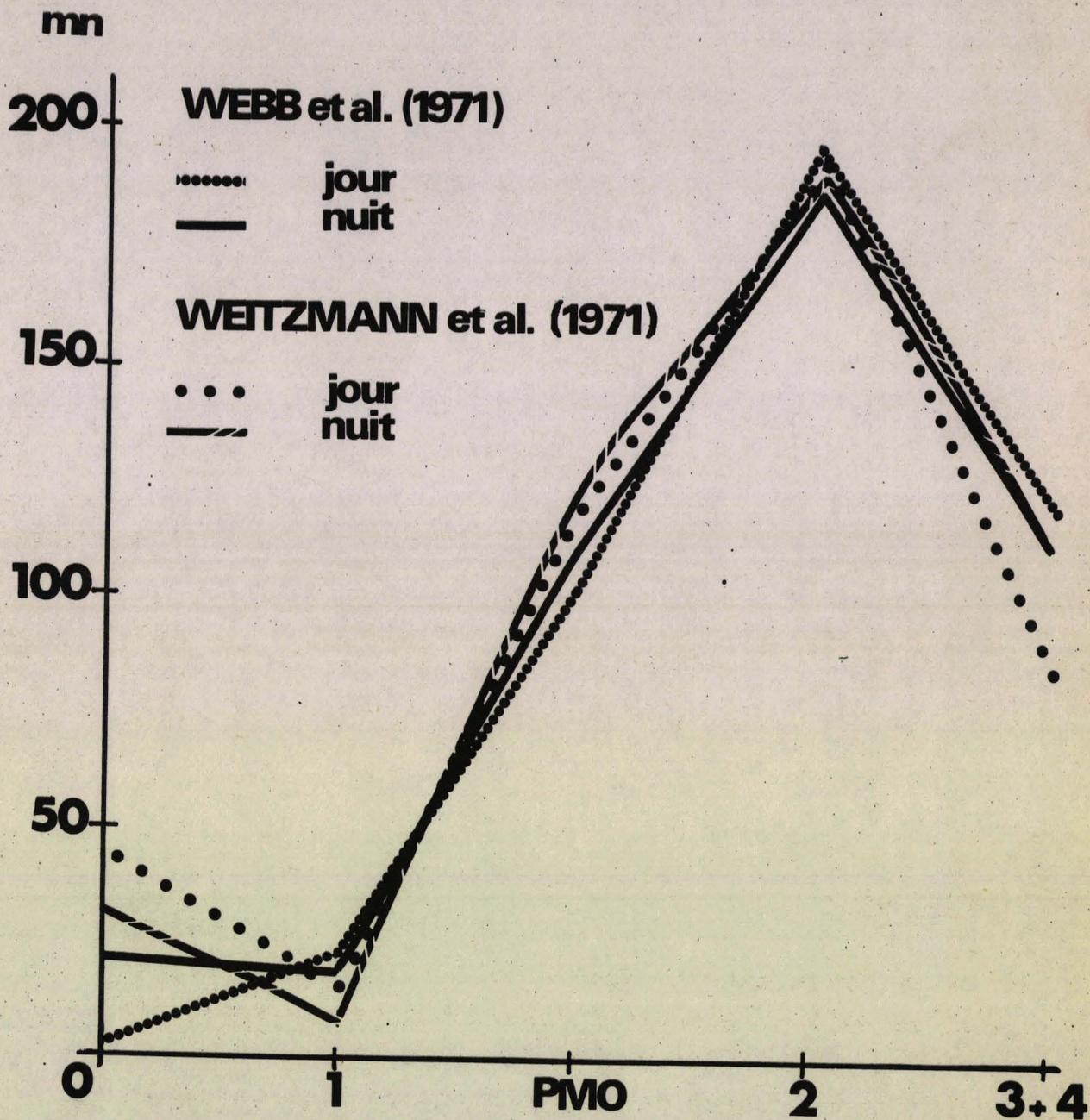
La littérature consacrée au sommeil humain comprend pourtant quelques études comportant des descriptions de sommeil humain non sans analogie avec les nôtres : celles qui sont consacrées à la comparaison entre le sommeil des petits dormeurs (6 h.) et celui des gros dormeurs (9 h.). (WEBB et AGNEW 1970) (HARTMANN et al 1971). Ces articles dont les résultats sont reportés sur la fig. 8 montrent :

- la remarquable stabilité (70———90 mn) de la quantité de S.L. chez tous les dormeurs, que ceux-ci dorment naturellement 5 heures ou 9 heures. Le même ordre de grandeur est trouvé pour le S.L. dans le cas d'inversion aigüe d'horaires (articles cités plus haut).

- la façon dont s'explique la différence de durée totale entre petits et gros dormeurs. Elle provient : 1) de la différence en stade 2

Fig. N° 7

Résultats de WEBB et al (1971) et de WEITZMAN et al (1970). Quantités absolues moyennes des différents stades de profondeur chez des sujets soumis à une inversion brusque de l'alternance veille/sommeil. Les différences observées entre sommeil de nuit et sommeil de jour sont très faibles, voire nulles.

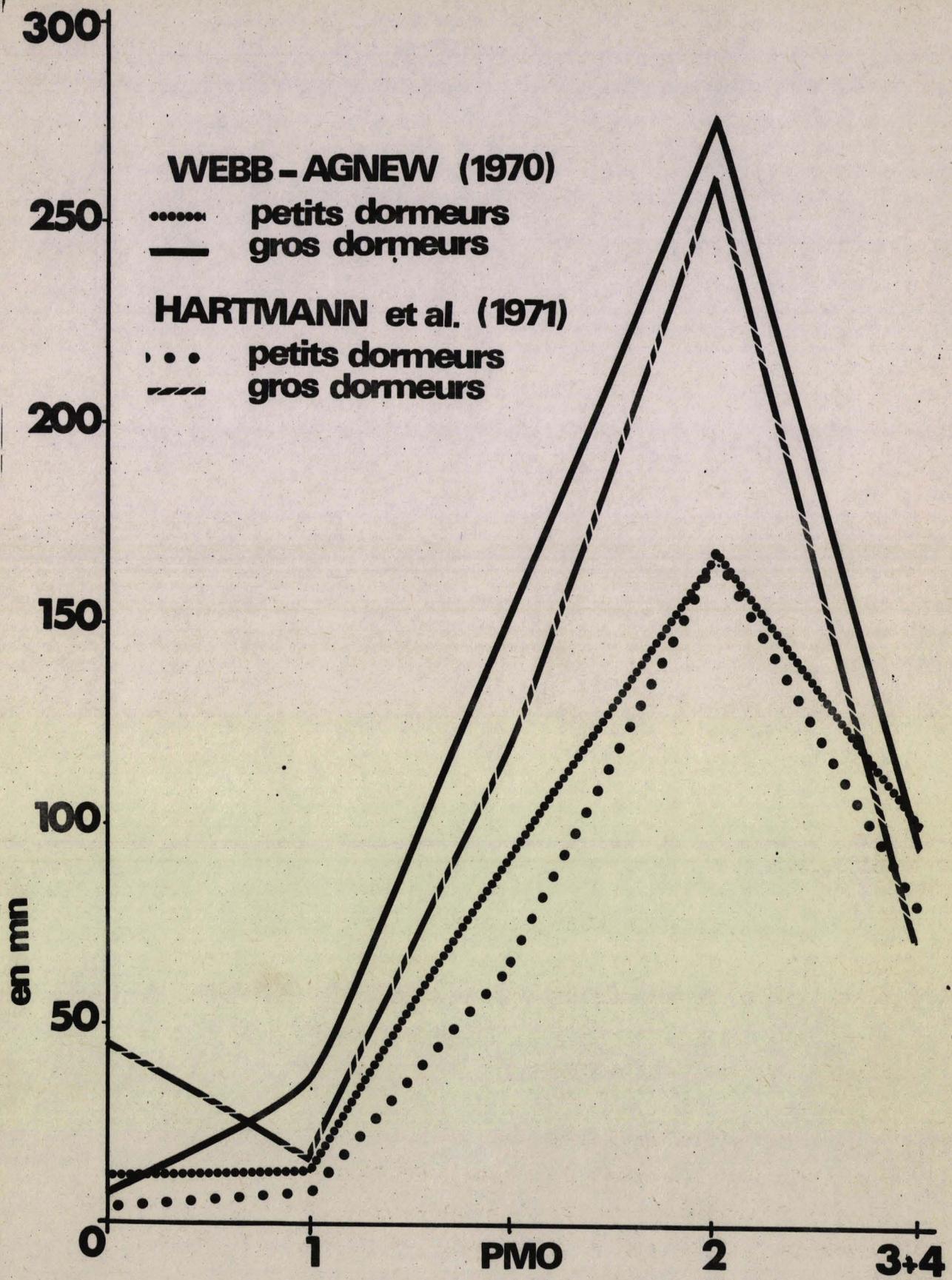


RESULTATS D'INVERSION EXPERIMENTALE JOUR/ NUIT

Fig. N° 8

Résultats de WEBB et AGNEW (1970) et de HARTMANN et al (1971). Quantités absolues moyennes des différents stades de profondeur obtenues dans une population de petits dormeurs et dans une population de gros dormeurs.

La définition des petits et des gros dormeurs est très voisine dans les deux expériences : il s'agit d'individus dormant spontanément et régulièrement moins de 5 h 30 (ou 6 h) et plus de 9 h 30 (ou 9 h).



2) de la différence en S.P.

La ressemblance entre cette série de résultats et les nôtres est frappante. Il faut rappeler qu'il s'agit de comparaison d'une part entre des sommeils obtenus dans des conditions différentes (nuit et jour) chez les mêmes sujets, d'autre part entre des sommeils obtenus dans les mêmes conditions chez des sujets différents (petits et gros dormeurs). C'est pourquoi nous estimons que ce rapprochement constitue un apport intéressant à une discussion ultérieure.

IV - STRUCTURE TEMPORELLE DU SOMMEIL.

A) Nombre et durée des cycles.

a) Nombre de cycles.

Le nombre de cycles, c'est-à-dire le nombre de phases de S.P., est plus faible pendant les sommeils diurnes que pendant les sommeils nocturnes.

Jour $\bar{m} = 3,42$ (N = 26)

Nuit $\bar{m} = 4,06$ (N = 20)

De fait, les sommeils de jour enregistrés comportent au maximum 4 S.P., à la seule exception d'un sujet ayant une 5^e S.P. vers 15 heures. De plus, la répartition dans le temps des S.P. n'est pas indifférente : la fig. 9 montre le nombre de S.P. que nous avons enregistré en fonction de l'heure d'occurrence.

On distingue nettement deux parties dans cet histogramme :

- entre 21 heures et 8 heures : à noter l'absence quasi complète de S.P. avant minuit. Puis deux maximums qui culminent entre 2 et 3 h. puis

Fig. N° 9

- Répartition en fonction de l'heure de la journée
- du nombre relatif de périodes de SP (pointillés)
 - du nombre relatif de débuts de périodes de sommeil (traits pleins)

La courbe des occurrences des SP est décalée par rapport à celle des débuts de sommeil. A partir de 9 h. du matin, la quantité de SP décroît régulièrement pour s'annuler vers 16 h.

40

35

30

25

20

15

10

5

0

— périodes de sommeil

--- SP

19

21

23

1

3

5

7

9

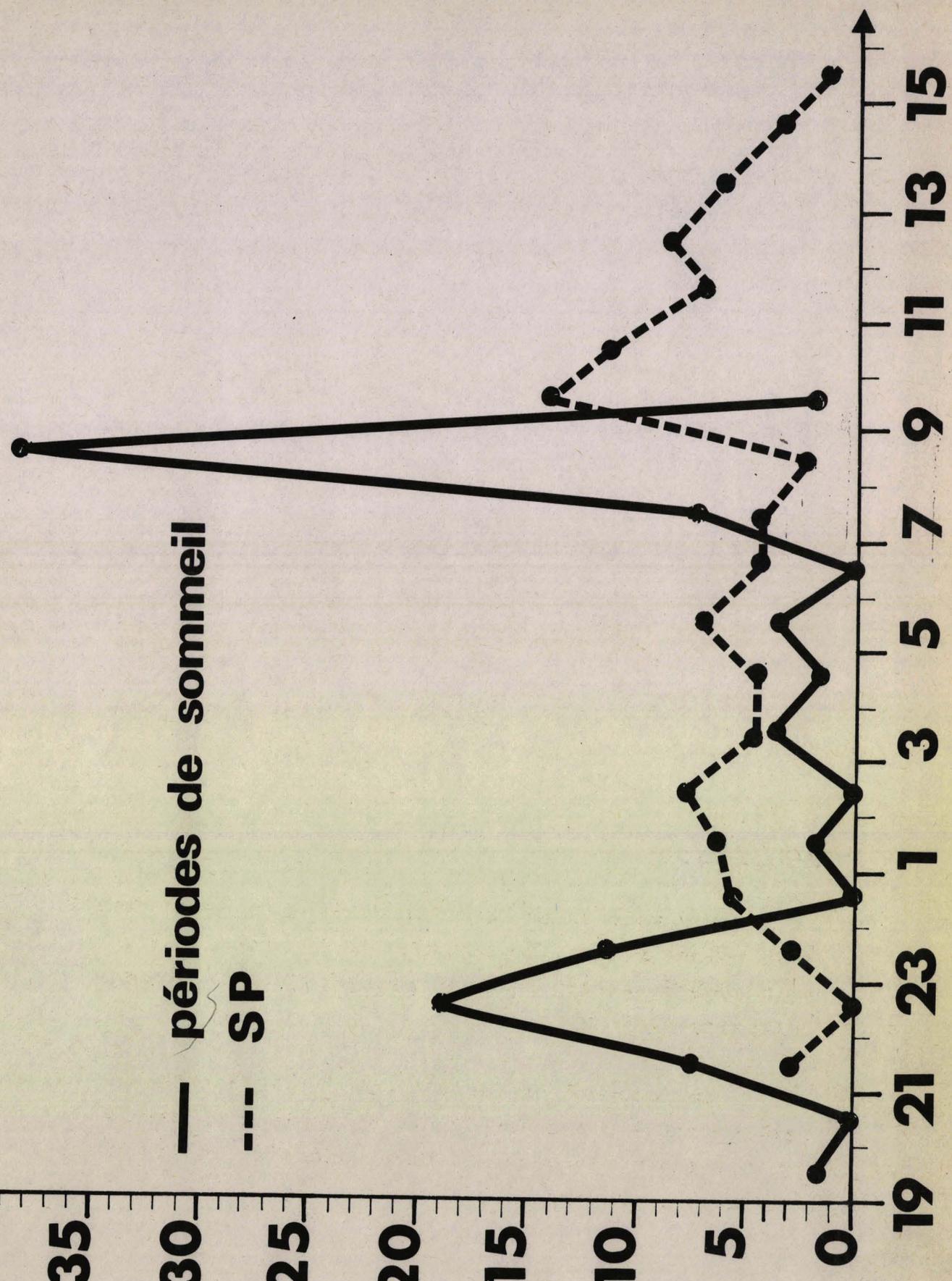
11

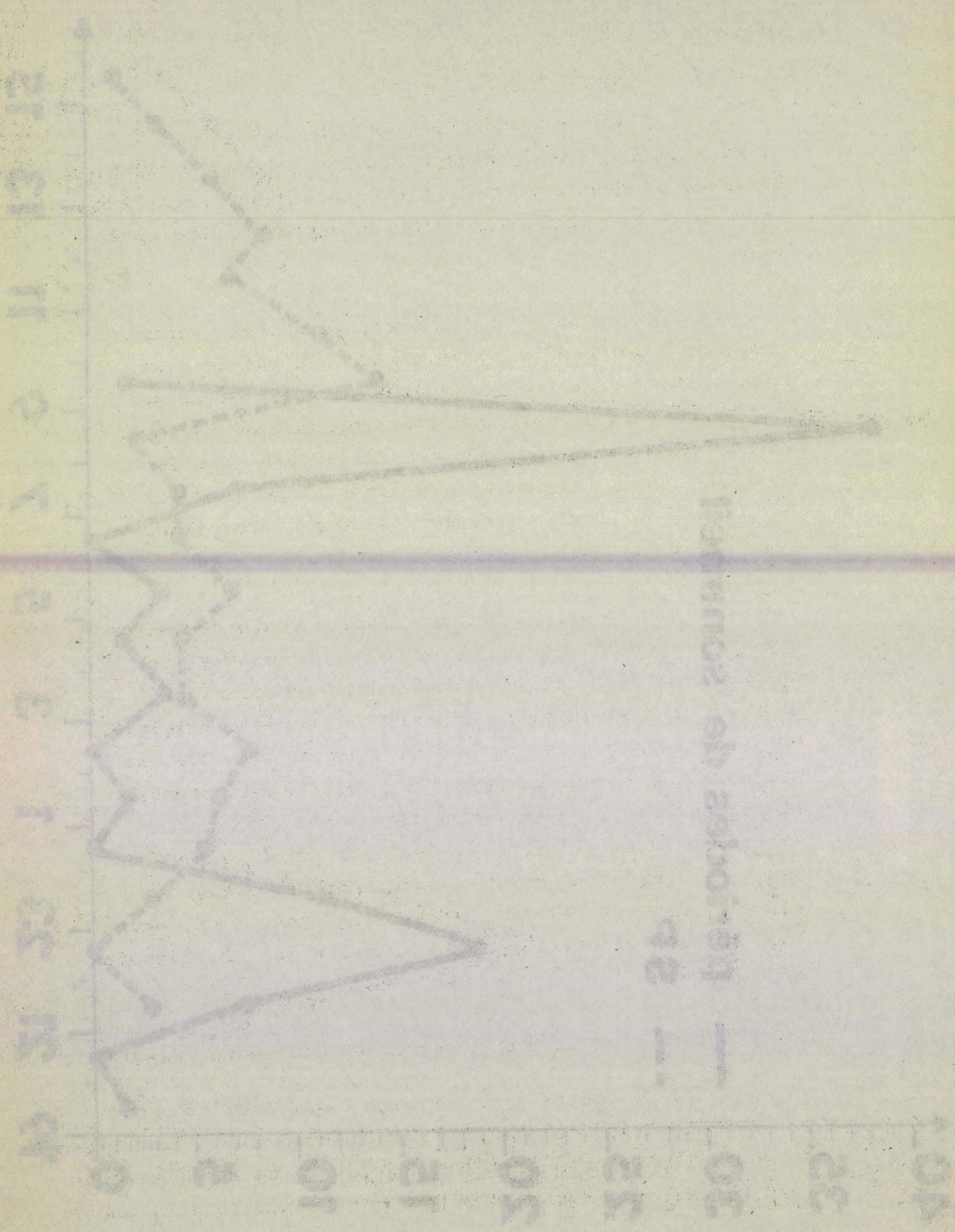
13

15



HEURE LEGALE





— 24 —
 — 25 —



entre 5 et 6 h.

- après 8 h.

S'il se produit peu de S.P. entre 7 et 9 h. le maximum est immédiatement atteint entre 9 et 10 h. Ensuite, on constate une décroissance quasi régulière avec le temps. Aucun S.P. n'est plus enregistré après 16 h.

On ne peut pas comparer la hauteur maximale respective des deux maximum car on n'a pas le même nombre d'enregistrements de jour ($N = 26$) et de nuit ($N = 20$). Mais on voit que l'histogramme de la répartition temporelle des S.P. est différente dans les deux cas. Pour les sommeils diurnes, la courbe est beaucoup plus aigüe et resserrée dans le temps que pour les sommeils nocturnes.

Cette impression est encore renforcée si on superpose (en adaptant l'échelle des ordonnées) cet histogramme avec celui du nombre des périodes de sommeil classées suivant l'heure de leur début (Fig.9). On voit alors que les délais de survenue des S.P. se produisent assez longtemps après le début du sommeil et se regroupent de façon homogène dans la seconde moitié de la nuit. Le jour, les deux maxima (heure du début du sommeil et heure d'occurrence des S.P.) se suivent très rapidement (entre 8 et 9 pour l'un, entre 9 et 10 pour l'autre) puis la quantité de S.P. décroît brutalement.

Ces histogrammes suggèrent plusieurs idées :

1) à propos d'un phénomène qui sera retrouvé et développé plus loin : l'évolution du S.P. à l'intérieur du sommeil n'est pas la même de jour que de nuit. Le jour, le S.P. survient de façon beaucoup plus hâtive (et, on le

verra plus tard, plus massive) que pendant la nuit.

2) la relation avec l'heure légale est visible.

Pour les sommeils de nuit, le fait était bien connu :

le S.P. prédomine dans la seconde partie de la nuit.

Ce n'est pas vrai pour le sommeil de jour où il semble que le S.P. survienne plus rapidement : corrélativement on rencontre peu de S.P. après midi et quasi plus du tout après 14 h.

La nuit, on peut attribuer cette prédominance tardive du S.P. soit à l'influence de l'heure légale, soit à la logique interne du sommeil, soit aux deux. Le jour, l'apparition beaucoup plus tardive du S.P. oblige à conclure, soit que la logique interne du sommeil a été modifiée, conclusion bien hasardeuse, soit qu'il y a contradiction entre logique interne et impératif circadien et qu'elle a été résolue en faveur de ce dernier.

Cela est bien entendu à mettre en relation avec le raccourcissement relatif du sommeil diurne. Il serait intéressant de déterminer dans quel sens cette corrélation peut être regardée comme une relation causale. Les deux hypothèses limites sont que le sommeil diurne est plus court parce que les phases de S.P. se produisent plus difficilement après 10 h. ou, au contraire, qu'on rencontre moins de phases de S.P. parce que le sommeil est écourté, étant donné son caractère diurne.

b) Durée des cycles.

Il est bien entendu que le sommeil de nuit est organisé en cycles successifs de durée comparable mais de composition différente. La période, qui semble caractéristique de chaque espèce animale, est d'environ

90 min. chez l'homme adulte.

Dans la présente étude, les délais sont comptés du début d'un S.P. au début du suivant, et à partir du premier stade 2 apparu dans l'enregistrement. Ces délais moyens d'apparition sont reportés dans le tableau 2 et la figure 10.

Tableau 2

Ordre de la PMO	1	2	3	4	5
	$\bar{m} = 96,2'$	180,9'	283,3'	378,7'	433,83'
NUIT N = 20	$\sigma = 31,9'$	38	46,1'	30,4'	44,6'
	$\bar{m} = 93,4'$	178,8'	265		
FIN DE NUIT N = 6	$\sigma = 38,2$	49,6'	46,9'		
	$\bar{m} = 75,2'$	170,8'	255	334,7'	429
JOUR N = 27	$\sigma = 25,7'$	61,7'	65,5'	34,6'	10

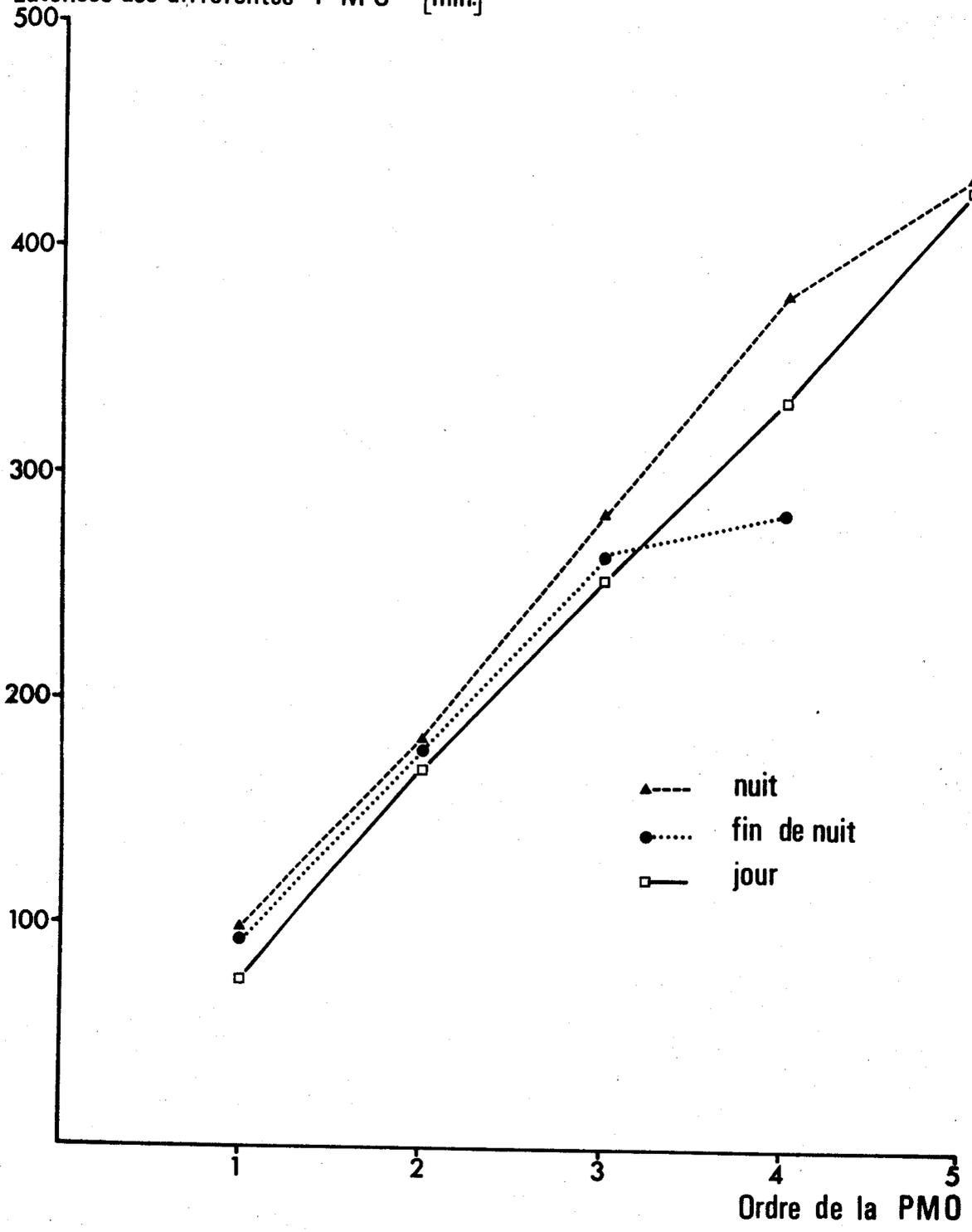
Sans tenir compte des chiffres relatifs à la 5e qui ne portent que sur un petit nombre de valeurs, il apparaît que la différence la plus importante provient de la latence du 1er S.P. (plus courte pour les sommeils de jour) et qu'ensuite la durée moyenne d'un cycle ne varie pas significativement. Ce raccourcissement de la latence du premier S.P. est tout à fait cohérent avec la précocité déjà notée dans l'apparition du S.P. de jour.

Du fait que les latences ont été comptées à

Fig. N° 10

Latence moyenne des SP successifs au cours des nuits, des jours et des fins de nuit. La linéarité des fonctions prouve que la durée des cycles successifs est constante et égale le jour et la nuit.

Latences des différentes P M O [min.]



partir du 1er stade 2 apparu, ce raccourcissement ne peut pas être mis au compte d'un endormissement plus rapide, c'est-à-dire d'une diminution de la quantité de veille et de stade 1 (qui est peut être réelle néanmoins par ailleurs). Il faut donc invoquer une pression accrue en S.P. qui accélérerait en quelque sorte le déroulement du cycle. Il n'en reste pas moins qu'il n'est pas commode d'expliquer les raisons profondes de ce besoin en S.P.

- On peut penser à un déficit chronique en S.P. De fait, un tel "rebond" en S.P. est trouvé expérimentalement après une privation sélective du S.P.

- Pourtant, l'explication la plus plausible est l'influence de l'heure légale sur la formation du S.P. Si le premier cycle se déroule aussi rapidement, c'est que l'heure de la matinée à laquelle il survient est très favorable au S.P.

La figure 10 appelle une autre remarque : mis à part pour le premier cycle, les durées des autres ne sont pas significativement différentes entre la nuit et le jour. Cela signifie que pour la durée, donc l'organisation interne, d'un cycle n'est pas facilement modifiable par des perturbations artificiellement imposées, comme l'inversion des horaires. Il s'agit là d'une manifestation du second facteur qui, avec l'influence circadienne, joue un rôle important dans notre étude : l'organisation interne du sommeil (intra-sleep cycling).

Par ailleurs, nous avons étudié la dispersion intra-sujet de la durée des cycles, en ne prenant que les sujets dont nous avons un nombre à peu près égal de sommeils diurnes et de sommeils nocturnes. On a trouvé peu de différence dans la répartition des durées de cycles

entre la nuit et le jour. Par contre, si en mélangeant jour et nuit, on classe les durées de cycles suivant l'ordre d'apparition du cycle, on perçoit une évolution dans l'histogramme des durées (rangées par classe de 10 minutes). (Fig. 11) la dispersion s'accroît avec l'ordre. Se faisant presque uniquement dans le sens de l'allongement pour le 1er cycle, elle tend à glisser de plus en plus dans le sens des raccourcissements à mesure que l'ordre croît.

Sans données supplémentaires, il n'est pas facile de tirer des conclusions de cette observation. Les références bibliographiques relatives à la durée des cycles sont peu nombreuses. Citons seulement GLOBUS et al (1972) et BREZINOVA (en cours de publication). Le premier étudie la variabilité de la période des cycles et trouve qu'elle est nettement plus grande le jour que la nuit. La seconde étudie l'allongement de la période qui résulte d'une interruption artificielle. Peut-être y-a-t'il une relation entre ces deux facteurs: la moins bonne stabilité de la période proviendrait d'une résistance plus faible de l'organisation du sommeil aux perturbations externes et internes. Justement, celles-ci sont plus nombreuses le jour: non seulement à cause des conditions d'environnement moins bonnes en général, mais à cause du fonctionnement beaucoup plus intense d'un certain nombre de systèmes physiologiques: digestion, excrétion, etc ... plus généralement, niveau d'activation plus élevé dû à la rigidité des rythmes circadiens.

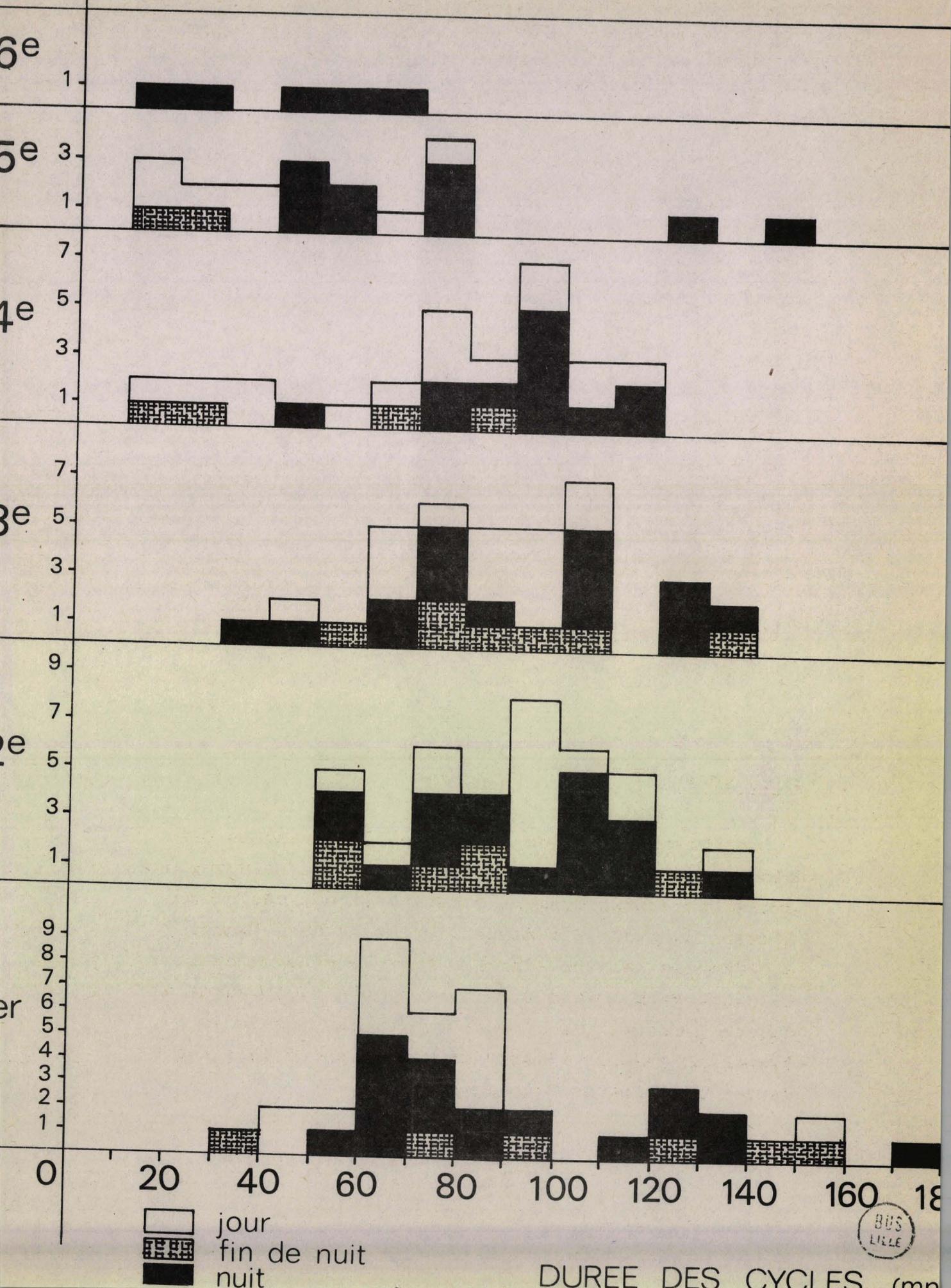
B) Répartition, à durée de sommeil égale, des différents stades en fonction de l'heure de coucher.

Pour déterminer l'influence qu'a l'heure

Fig. N° 11

Histogramme des durées de cycle rangées par classes de 10 mn. Bien que la moyenne de la durée du cycle reste pratiquement constante, quel que soit l'ordre du cycle, la dispersion prend des allures différentes suivant l'ordre. Pour le premier cycle, la dispersion a lieu vers les valeurs supérieures de durée. A mesure que l'ordre croît, le sens de la dispersion semble s'inverser et s'étendre vers les durées inférieures à la moyenne.

ORDRE
DU
CYCLE



légale sur la composition du sommeil, on a reporté les pourcentages des différents stades de sommeil en fonction de l'heure du coucher. Seules ont été analysées des périodes de sommeil durant environ 5 heures (4h.30-5 h.30), cela pour pouvoir les comparer entre elles (Fig. 12).

α) Le S.P.

La quantité de S.P. augmente à mesure que les sujets se couchent plus tard dans la nuit et atteint son maximum pour les périodes de sommeil commençant vers 5 heures du matin. Elle décroît ensuite plus des couchers plus tardifs. On retrouve là encore le rôle exceptionnel joué par les premières heures de la matinée dans la production de S.P.

D'autres hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce maximum de S.P. : en particulier, un éventuel déficit en S.P. ou une durée de veille préalable plus longue que la normale pour les sujets allant se coucher à la fin de la nuit. On a déjà vu que la littérature (WEBB et AGNEW, article déjà mentionné) ne soutient pas cette dernière hypothèse. Mais, surtout ces deux hypothèses sont en contradiction avec le fait que la quantité de S.P. diminue ensuite pour des périodes de sommeil commençant après six heures du matin, ce qui correspond pourtant en général à des durées de veille plus longues. Par contre, cela est en accord avec la rareté croissante du S.P. à partir de 10 h. du matin qui va jusqu'à sa quasi-disparition l'après-midi.

La conclusion est donc la très forte liaison entre l'apparition du S.P. et l'heure légale. Il semble donc, bien que, quelles que soient par ailleurs les variations des autres facteurs importants pour le

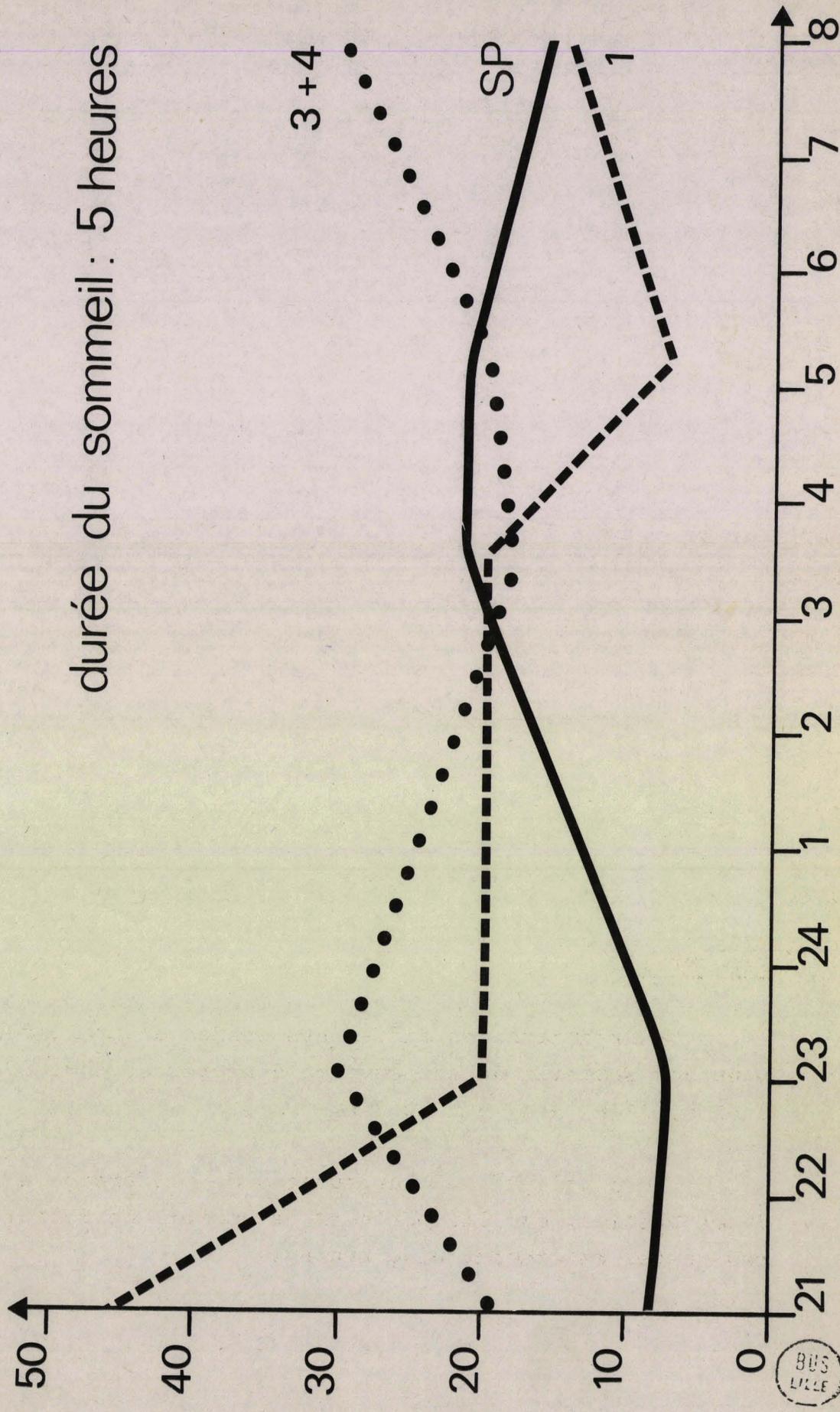
Fig. N° 12

Pourcentage des différents stades de profondeur pour des sommeils durant environ 5 heures et commençant à 21 h, 23 h, 3 h, 5 h et 8 h.

On a utilisé le pourcentage, de préférence à la durée absolue, car les périodes de sommeil ne durent pas toutes exactement cinq heures.

POURCENTAGE DE LA DUREE TOTALE DU SOMMEIL

durée du sommeil : 5 heures

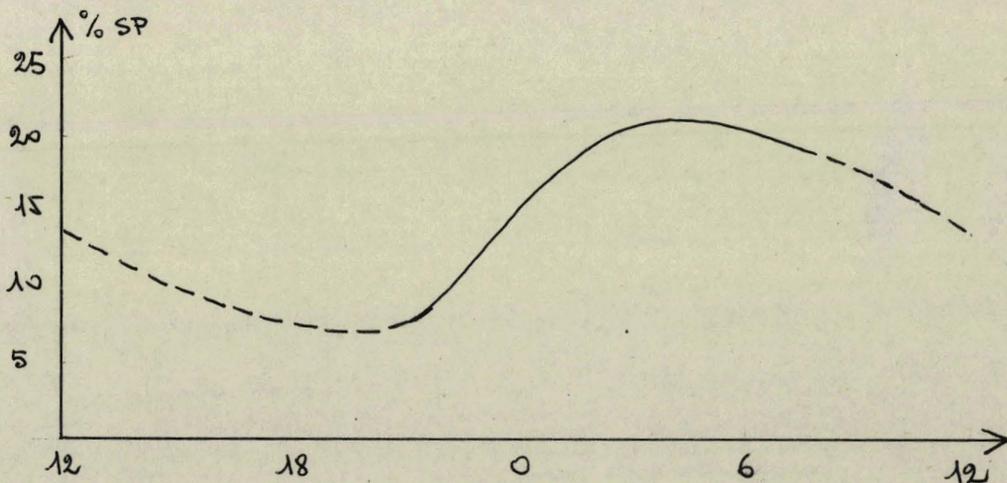


HEURES DU COUCHER

sommeil, l'influence du rythme circadien reste prépondérant pour le S.P.

Ce résultat est capital pour les travailleurs placés dans la situation qui fait l'objet de cette étude, en l'occurrence le changement brusque d'horaire de sommeil. Il signifie en effet, que, si on ne tient pas compte d'une possible habitude à plus longue échéance, la teneur en S.P. de sommeil de jour est d'abord déterminée par l'heure légale du sommeil. On est donc loin de l'explication qu'on proposait volontiers spontanément, d'un sommeil diurne dont la composition serait définie par des "besoins" spécifiques créés par l'inversion des horaires.

Bien que nos résultats ne portent pas sur des périodes de sommeil couvrant les 24 heures d'une journée, on peut esquisser l'évolution nycthémerale du S.P. de la façon suivante (les pointillés représentent la partie extrapolée pour que les deux extrémités de notre courbe se rejoignent logiquement). 1)



1) En s'appuyant sur les courbes de WEBB (1971) in Colquhoun (Ed) : Biological rhythms and human performance. p. 165.

β) Le sommeil lent (S.L.)

Rappelons que, par "sommeil lent", on entend le sommeil profond constitué par la somme des stades 3 et 4.

La courbe exprimant la qq de S.L. en fonction de l'heure du coucher apparaît inversée par rapport à la précédente. Le premier sommet correspond au sommeil classique des dormeurs de nuit. La majorité du S.L. survenant au début de la nuit, les sujets qui se couchent vers 23 h. obtiennent un maximum de S.L. comparable aux dormeurs de nuit habituels. Mais la quantité de S.L. réaugmente de nouveau pour les sommeils commencés à partir de 4-5 h. Pour expliquer cela, le plus simple est de reprendre la même hypothèse que précédemment : l'influence de la rythmicité circadienne.

Mais on verra que cette hypothèse est difficilement tenable. En effet, on sait que les sommeils nocturnes se terminent par un minimum de S.L. Si ce fait était dû principalement à l'influence circadienne et non à la logique interne du sommeil, il ne serait pas aisé d'expliquer le "démarrage" brutal en S.L. du sommeil du matin, surtout après une variation qui est faible au cours de la nuit (les taux de S.L. sont effectivement peu différents, que le sommeil débute à 21 h. ou à 4 h.).

Par contre, intervient sûrement la durée de la veille préalable. S'il s'agit d'un sujet effectuant un travail de nuit depuis plusieurs nuits, il a eu des sommeils diurnes plus courts que sa propre normale, donc des durées de veille plus longues. S'il s'agit d'un travail de nuit effectué pour la première fois après un changement d'horaires, il est probable qu'il y a "nuit

blanche". Dans les deux cas, la durée de la veille est accrue et dans le second cas, il existe un déficit de sommeil notable.

Il est plausible que ces deux facteurs soient responsables de la remontée du S.L. au cours des sommeils matinaux. D'une part, on sait expérimentalement que la récupération après une privation globale de sommeil commence par un rebond en S.L. D'autre part, WEBB et AGNEW (article cité plus haut) arrivent à la conclusion que le facteur déterminant au premier chef la qq de S.L. est la durée de la veille précédant le sommeil.

γ) Le sommeil léger (stades 0 + 1)

La courbe représentant le pourcentage de sommeil léger a une allure comparable à celle du S.L. Ce résultat est plutôt choquant pour le bon sens. On imagine facilement que si l'on se couche très tard dans la nuit, il y ait beaucoup de S.L., même dans un sommeil qui ne dure que 5 heures. Il est moins évident que la quantité de sommeil léger augmente aussi si on se couche après 5 heures. Les chiffres de sommeil léger doivent être considérés avec une certaine prudence, car l'incertitude du dépouillement est importante quand il s'agit de quantifier la veille et le stade 1. Néanmoins, il est plausible d'attribuer à cette évolution une explication circadienne. Cette hypothèse a déjà été avancée par WEBB pour expliquer les variations du stade 1 en fonction de l'heure légale, compte tenu de ce que la quantité de stade 1 semble insensible à la longueur de la veille qui précède le sommeil.

Stade_2.

C'est pour ce stade que l'évolution est la moins claire et la plus discutable. Ce manque est gênant, car le stade 2 représente à lui tout seul entre le tiers et la moitié du sommeil total. La dispersion des points fait que tracer une courbe moyenne devient très hasardeux. Peut-être est-ce dû au fait que le stade 2 est une entité physiologiquement mal définie et que, coïncé entre le stade 1 et le S.L. il n'en est que le complément calculé arithmétiquement et non fonctionnellement.

C) Répartition du S.L. et du S.P. en fonction de la durée du sommeil.

Nous avons regroupé dans le tableau 3 les pourcentages de S.L. (stades 3 + 4) et de S.P. de nos enregistrements en fonction de deux paramètres:

- La durée du sommeil (regroupée autour de 3 valeurs centrales : 4,6 et 8 heures)
- L'heure du coucher (regroupée en 3 classes: nuit, jour et fin de nuit.

Les valeurs du tableau 3 ont été reportées sur la Fig. 13. On y voit que :

- le pourcentage de S.L. diminue avec la durée du sommeil la nuit et le jour, mais augmente, encore que faiblement, pour les sommeils de fin de nuit,
- le pourcentage de S.P. augmente avec la durée du sommeil dans tous les cas.

- TABLEAU 3 -

Pourcentage des SP et des SL en fonction de la durée du sommeil

MOYENNES	de 3 à 5 h regroupé à 4 h		de 5 à 7 h regroupé à 6 h		de 7 à 9 h regroupé à 8 h	
	3+4	S.P.	3+4	S.P.	S+4	S.P.
NUIT	34,2	8,9	20,4	15,8	19,7	17,2
FIN DE NUIT	20,7	12,5	23,3	17,6		
JOUR	33,6	16,2	28,6	20,2	26,5	27,5

Durée en H.

de 3 à 5 h
regroupé à
4 h

de 5 à 7 h
regroupé à
6 h

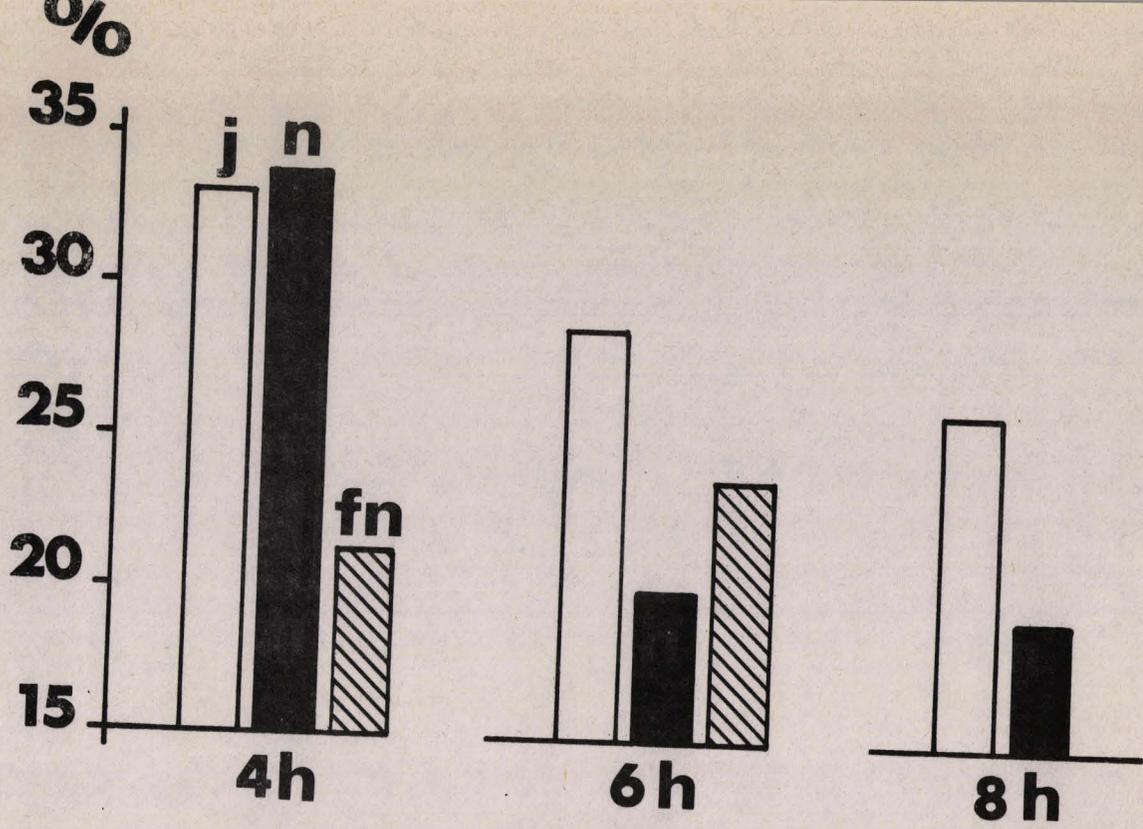
de 7 à 9 h
regroupé à
8 h



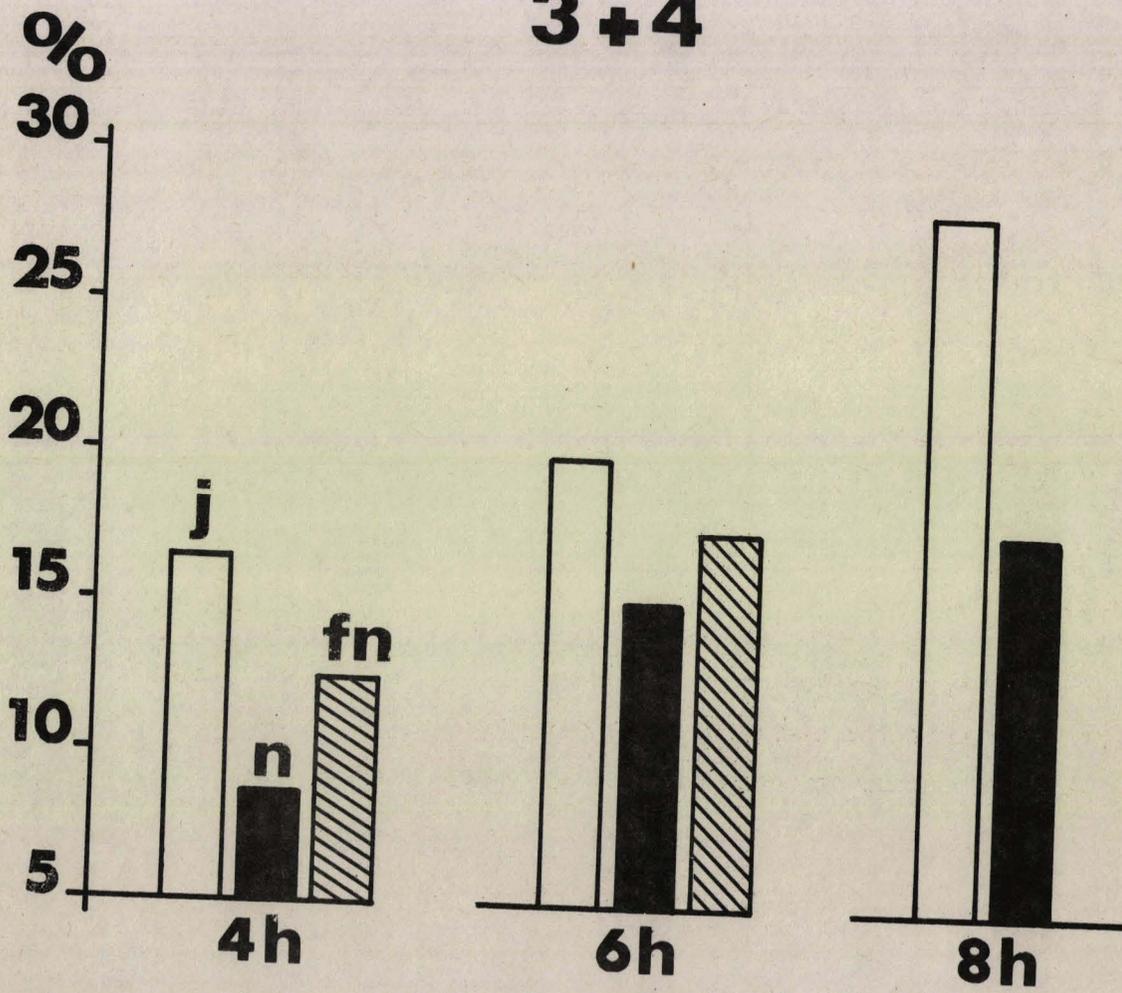
Fig. N° 13

Evolution du pourcentage du SP et du SL pour
des sommeils de durée respective : 4 h, 6 h et 8 h,
pour les trois catégories de sommeil.





3+4



S P

□ jour ■ nuit ▨ fin de nuit



1) Sommeil de nuit.

Les courbes du S.L. et du S.P. en fonction de la durée sont à rapprocher des courbes classiques (par ex. WEBB 1971) qui décrivent la composition en stades des heures successives d'une même nuit. Mais dans nos résultats, il s'agit de périodes de sommeil différentes et de longueurs différentes, pour lesquelles on a ensuite calculé les moyennes en les regroupant à longueur égale. Ces périodes comprennent en particulier un certain nombre de sommeils du soir interrompus artificiellement par la reprise du travail.

Le fait de retrouver des courbes comparables à des courbes de développement interne du sommeil, permet de conclure que des périodes de sommeil interrompues se comportent toujours comme des débuts de sommeil, ce qui est logique. L'absence d'anticipation possible cadre bien avec le fait qu'aucun sujet ne se couche à 20 h. bien qu'il doive commencer son travail à 1 heure du matin. Dans ce cas, fréquent chez les conducteurs de trains, le sujet se couche normalement à 22 ou 23 heures et commence ainsi son travail avec un déficit de sommeil important (de l'ordre de 3 à 5h.)

De fait, cette anticipation devrait concilier les deux impératifs suivants :

1° - le début de la nuit se produisant vers 20 heures devrait comporter comme tout début de nuit, une prédominance du S.L. (intra-sleep cycling).

2° - Or la soirée est une période de la journée qui paraît peu favorable à l'apparition de S.L. En effet, elle correspond à un creux de la courbe circadienne du S.L. (Fig. 11).

On peut donc penser que cette contradiction est responsable de la non-observation de débuts de sommeil dans la soirée avant 21 h.

2) Sommeil de fin de nuit.

On doit noter dans ce cas que le pourcentage de S.P. croît avec la durée, ce qui est vérifié aussi dans les deux autres types de sommeil. Mais le pourcentage de S.L. croît également avec la durée, ce qui l'oppose aux deux autres types de sommeil. Cela repose la question des périodes de sommeil qui incluent les premières heures de la matinée (entre 5 et 8 heures environ). On voit augmenter la quantité de S.P., ce qui peut s'expliquer par l'influence de l'heure légale sur le S.P. Mais, il est moins facile de comprendre pourquoi le pourcentage de S.L. augmente aussi. Il est possible que dans le conflit que se livrent plusieurs facteurs antagonistes :

(l'heure légale qui tiendrait à diminuer la qq de S.L.
(l'organisation interne " " " "
(le déficit de sommeil " à augmenter " "

Les heures situées entre 5 et 8 heures représentent une zone de "fragilité" se prêtant facilement à la récupération du déficit. Cela tiendrait à ce que la logique interne d'organisation se fait moins impérieuse temporairement. Peut être faut il y voir le reflet d'un moment de changement simultané très rapide dans le décours circadien de certaines fonctions physiologiques.

3) Sommeil de jour.

La courbe des S.P. de jour se situe

constamment au-dessus de la courbe des S.P. de nuit, à durée de sommeil égale. Cependant, ce surcroît de S.P. le matin ne se fait pas au détriment du S.L. qui reste égal ou supérieur à ce qu'il est la nuit. Cela est un symptôme qui laisse à penser que le S.P. et le S.L. ne sont pas régis au premier chef par le même facteur. L'importante proportion de S.P. est justifiée par l'heure légale, c'est-à-dire l'influence circadienne. Mais la proportion de S.L. devrait, si elle était d'abord déterminée par l'influence de l'heure légale, être inférieure à la proportion de jour. Or, il n'en est rien : il faut donc conclure qu'un autre facteur intervient : nous faisons l'hypothèse que la rapidité dans la rotation des postes est telle que, après une nuit de travail, l'organisme se trouve dans un état comparable à celui d'un déficit de sommeil. D'où ensuite, une récupération riche en S.L.

D) Répartition du S.L. et du S.P. en fonction de l'ordre des cycles (Fig. 14).

Une description différente de la répartition en stades a été utilisée concurremment avec la précédente. A l'intérieur des trois groupes détaillés précédemment : jour, nuit et fin de nuit, nous avons calculé la moyenne de durée du S.L. et du S.P. pour tous les premiers cycles, puis pour tous les deuxièmes, etc...sans tenir compte de l'heure précise d'occurrence des plages de S.L. ou de S.P.

Par convention, le 1er cycle ne comporte pas de S.P. parce qu'on a compté un cycle entre le début d'une plage de S.P. et le début de la suivante.

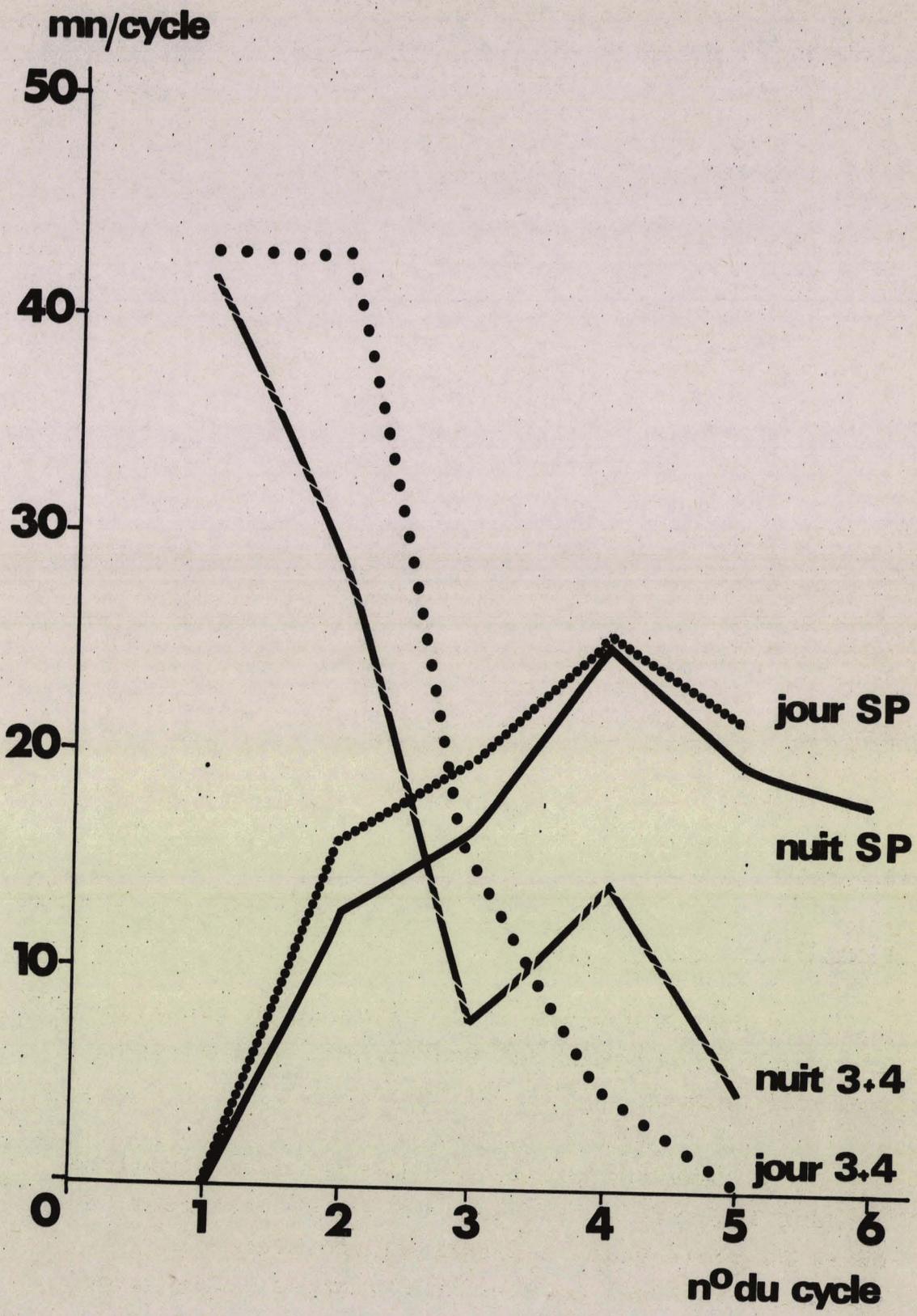
Comme on l'avait déjà vu, le S.P. et le S.L. sont simultanément plus abondants de jour que de

Fig. N° 14

Quantité moyenne de SL et de SP en fonction de l'ordre du cycle pour des sommeils de nuit et des sommeils de jour.

On remarque que les SP diurnes sont plus longs pendant les premiers cycles que les SP nocturnes, à ordre de cycle égal. A partir du troisième, il y a égalité. Les deux courbes du SP, après la 3e plage de SP, présentent une décroissance qui laisserait soupçonner un phénomène de saturation.

x



nuit, dans les trois premiers cycles. Le sommeil diurne semble commencer "plus vite" que le sommeil nocturne.

La courbe de la quantité de S.P. par cycle a une forme en cloche qu'on retrouvera dans la seconde partie de ce travail plus particulièrement consacrée au S.P. Sans approfondir ici, on peut avancer l'hypothèse que cette allure doit être mise au crédit d'un mécanisme interne au sommeil puisqu'on le retrouve identique de jour comme de nuit.

2ème P A R T I E

I) GENERALITES SUR LE S.P.

Dans la première partie de ce travail, on a tenté de décrire comment le sommeil pris dans son ensemble s'organise quand il est artificiellement déplacé dans le nycthémère.

On a ainsi étudié certaines caractéristiques du S.P. en particulier la durée de ses plages et la latence d'apparition de chacune d'entre elles. Il ne s'agissait toujours que de composants toniques.

A partir de maintenant, l'étude va être centrée :

1° - sur le S.P.

2° - sur les M.O. pris comme représentants des composants phasiques du S.P.

Nous nous sommes intéressés aux M.O. parce que de nombreux auteurs, pour des raisons très différentes, sont arrivés à la conclusion que l'étude des événements phasiques était un nouveau moyen fécond de décrire et peut être même, d'interpréter certains phénomènes liés au sommeil. On a pu ainsi parler avec GROSSER et SIEGAL (1971) de l'"émergence d'un modèle tonique - phasique pour le sommeil et le rêve". Les raisons qui ont justifié la nécessité de ce nouveau concept peuvent se résumer ainsi :

a) Les manifestations qui caractérisent le S.P. ne sont pas homogènes. Cela était connu depuis le temps où on a commencé à individualiser le S.P. puisque les caractères descriptifs cruciaux étaient de nature phasique (THOMAS et al 1970, ASERINSKY 1969).

Ainsi, au niveau périphérique, on peut enregistrer des mouvements oculaires, des contractions musculaires brèves et des manifestations végétatives : irrégularités des rythmes cardiaque et respiratoire par exemple. Chez le chat, on peut enregistrer dans de nombreuses structures profondes, des activités brèves qui accompagnent les mouvements des yeux, en particulier des pointes pontogéniculo-occipitales (P.G.O.).

b) Dans le désir quelque peu hâtif de délimiter nettement le sommeil paradoxal du sommeil non paradoxal, on n'avait pas assez tenu compte du fait que certains phénomènes du S.P. apparaissent aussi pendant le sommeil non paradoxal, en particulier les M.O. et l'activité mentale assimilée peut être trop rapidement au rêve.

Ainsi, pour en rester au niveau périphérique, cette hétérogénéité se manifeste très nettement dans l'activité musculaire et dans les mouvements des yeux : les grands mouvements corporels (gross body movements = GBM) qui surviennent de façon épisodique pendant le S.P. en particulier à la fin, ne sont pas rares pendant le sommeil non paradoxal. De plus, cette activité se superpose à une activité musculaire plus fine, et alterne avec d'autres manifestations phasiques (twitches).

De même, des M.O. apparaissent pendant le S.L. Certes, les patterns d'apparition ne sont pas les mêmes que pendant le S.P. : ils ont tendance à être isolés et non plus inclus dans des bouffées. Leur aspect, qui les ferait plutôt ressembler à du nystagmus, est différent lui aussi. Quelles que soient ces différences, l'existence de ces M.O. constitue un argument en défaveur d'une division trop stricte entre S.P. et sommeil non paradoxal, d'un point de vue phénoménologique.

Peut-être, soit dit incidemment, y-a-t'il là une des raisons de l'échec des psychologues qui se sont acharnés à déterminer l'influence différentielle du S.P. et du S non P sur les capacités mentales ou psycho-motrices des sujets (surtout par des expériences de privation). Or, il se peut que le facteur déterminant ne soit pas le déficit en SP ou en SL, mais le déficit en évènements phasiques. Nous n'avons pas nous-mêmes essayé de vérifier cette hypothèse. Il n'en reste pas moins que certains résultats expérimentaux chez le chat (FERGUSON et al 1968) par exemple, tendent à prouver la nécessaire constance du nombre d'évènements phasiques pour qu'un sommeil puisse être qualifié de "normal". Cela expliquerait que les perturbations qui sont la conséquence d'une privation de sommeil sont peut-être dues au premier chef à une privation d'éléments phasiques.

Dans le travail rapporté ici, les M.O. pris comme représentants de l'activité phasique, ont seulement été utilisés comme un indice qu'on a supposé sensible à d'éventuelles perturbations. Ce choix s'explique par le fait qu'il existe dans la littérature récente quelques articles qui traitent de la répartition des M.O. à l'intérieur du sommeil nocturne chez l'homme. Ces descriptions constituent une référence à laquelle nous pouvons comparer nos résultats.

Ainsi, une étude de l'organisation du phénomène SP à travers le sommeil de nuit a été effectuée sur 105 PMO enregistrées au cours de 24 nuits de sommeil (BENOIT et coll. 1972 en préparation). Elle a permis de mettre en évidence le fait que les caractères du SP (durée D, nombre de mouvements oculaires N, fréquence F de ceux-ci) ne sont pas des variables aléatoires mais qu'elles dépendent, dans une certaine mesure, de l'ordre d'apparition du SP et de sa latence de survenue (temps calculé à

partir du premier stade II de la nuit).

1° - Une relation hautement significative a été trouvée entre l'ordre et les trois variables (durée, nombre de mouvements oculaires et fréquence des M.O.).

2° - La durée du SP, le nombre de mouvements oculaires, la fréquence de ceux-ci, sont liés très significativement au temps par une relation doublement logarithmique.

Une relation bilogarithmique entre durée de la PMO et nombre des M.O a par ailleurs été trouvée.

Une étude préliminaire effectuée sur 29 SP recueillies lors du sommeil de jour de trois sujets avait montré que les relations des variables : durée, nombre de mouvements oculaires et fréquence de ceux-ci, tant avec l'ordre de survenue des SP qu'avec leur latence d'apparition (toujours calculée à partir du début du stade II de la nuit), n'étaient pas les mêmes que dans le cas de sommeils nocturnes.

La seule relation significative trouvée était une relation bilogarithmique entre la fréquence des mouvements oculaires et le temps.

Notre travail consiste en une étude statistique du même type. La différence vient de ce que les 150 phases de SP recueillies au cours des enregistrements l'ont été chez les mêmes individus mais à des heures différentes. Comme il a été déjà précisé, on a classé ces enregistrements en trois sous-groupes.

- Sommeil de nuit
- coucher avant 1 h. du matin
- Sommeil de fin de nuit
- entre 1 h. et 6 h.

- Sommeil de jour

après 6 h.

Le plan suivi est déterminé à partir des deux idées sur lesquelles reposait déjà la première partie de l'étude.

1° - Toute manifestation du sommeil, à des degrés plus ou moins grands, dépend de sa propre position à l'intérieur du sommeil lui-même. (logique interne du sommeil). Cela revient à utiliser comme paramètre la latence du phénomène, c'est-à-dire le temps qui s'est écoulé depuis le début du sommeil.

2° - Elle dépend également de l'heure légale de sa survenue (influence circadienne).

II - LE SP ET SES RELATIONS AVEC L'ORGANISATION INTERNE DU SOMMEIL.

A) Evolution du SP en fonction de l'ordre de la période de SP.

On a utilisé le coefficient de corrélation de SPEARMAN. Pour chaque sommeil, on a classé par ordre croissant (de 1 à 5 au maximum) les durées et les nombres de M.O. de chaque SP. Puis on a reporté (Fig.15 et 16), ce classement (number's rank) en fonction du classement par ordre d'apparition (D. period's rank).

S'il y avait identité parfaite entre ces deux classements, tous les points seraient situés sur la diagonale du carré. Ce n'est pas le cas. Néanmoins, les deux figures (durée et nombre de M.O.) montrent qu'il existe une tendance vers cette corrélation parfaite. Ainsi, pour le sommeil diurne et pour le sommeil nocturne,

Fig. N° 15

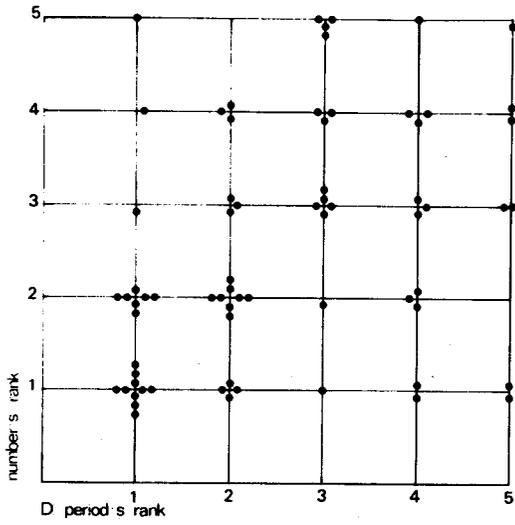
Classement par valeurs croissantes de la durée des SP, du nombre des MO et de leur fréquence en fonction de l'ordre du SP (coefficient de corrélation par rang de Spearman). Sommeils de nuit.

Fig. N° 16

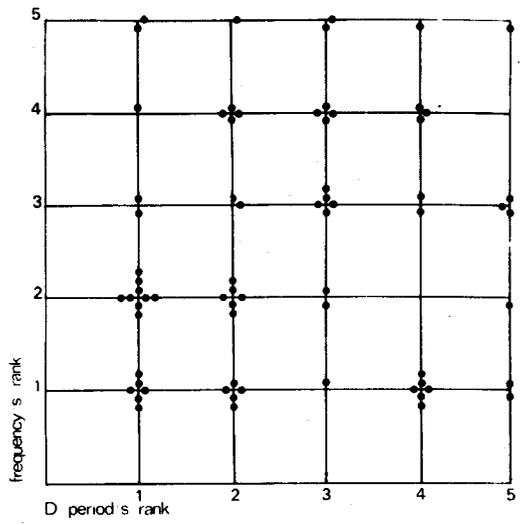
Idem. Sommeils de jour.

NIGHT

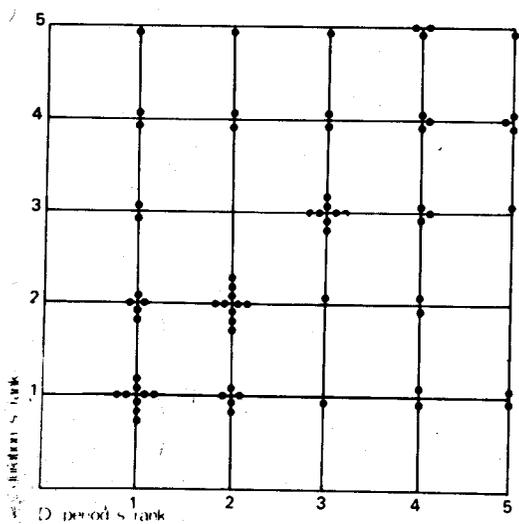
EYE MOVEMENT NUMBER



FREQUENCY

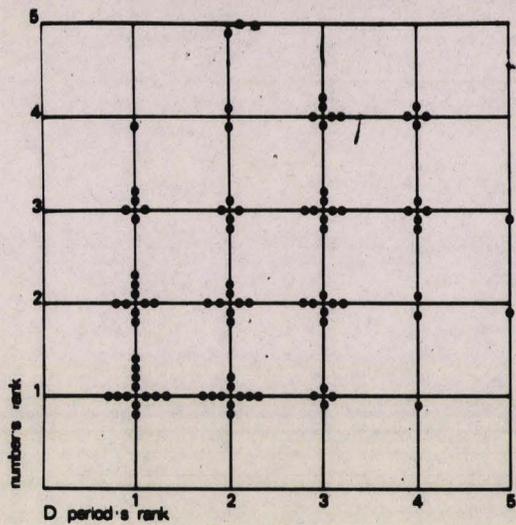


DURATION

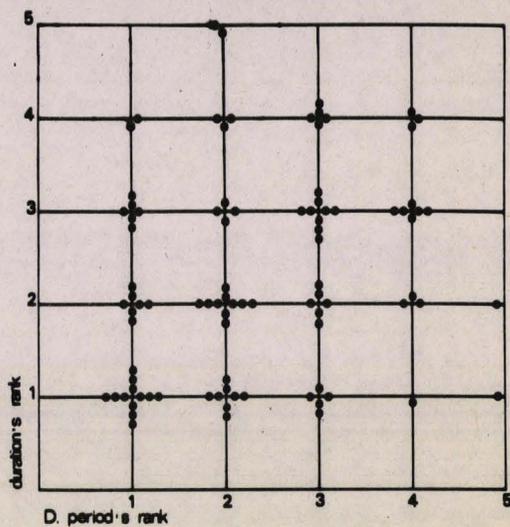


DAY

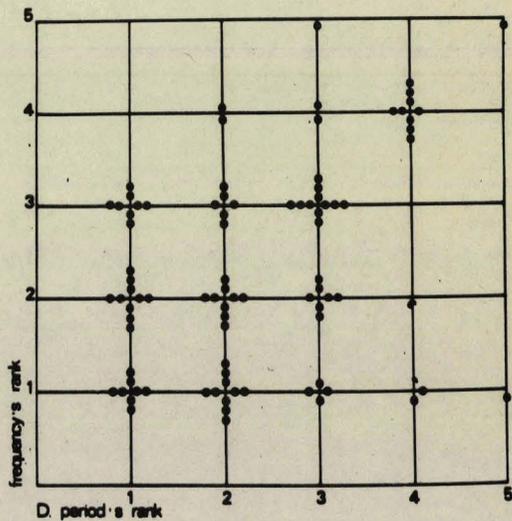
EYE MOVEMENT NUMBER



DURATION



FREQUENCY



les périodes de SP tendent à devenir de plus en plus longues et de plus en plus riches en M.O. suivant leur classement chronologique.

B) Evolution du SP en fonction du temps de latence.

Dans toutes les figures, dont il sera question par la suite, chaque point représente la moyenne des données regroupées par classes d'une heure. Cela signifie que les premières valeurs (avant 120 minutes) correspondent toutes à des SP du premier cycle; celles situées entre 120 et 240 minutes correspondent en gros à des SP du deuxième cycle, etc ... Mais, à mesure que la latence s'allonge, des décalages de latence ont lieu entre les SP de même ordre de sommeils différents. Il en résulte que, par exemple, les valeurs situées entre la latence 300 et la latence 360 correspondent à des SP de troisième ordre, mais aussi à certains de deuxième ordre, ou même de quatrième ordre.

a) Etude de la durée des plages de SP

La Fig. 17 montre la durée moyenne des périodes successives de SP en fonction de leur latence pour les trois catégories de sommeil envisagées (nuit, jour, fin de nuit).

Au premier abord, les trois courbes ont une allure comparable : elles se composent d'une montée, d'un maximum (plateau ou non) puis d'une décroissance. Néanmoins, elles se distinguent l'une de l'autre par leur position relative et la valeur de leur maximum.

- Sommeil de nuit : La durée des périodes de SP croît avec le temps jusqu'à sept heures de sommeil

Fig. N° 17

Durée des SP en fonction de leur latence d'apparition (chaque point représente la moyenne des valeurs à l'intérieur d'une classe d'une heure)

Les 3 courbes (nuit, jour et fin de nuit) présentent le même aspect global : une montée, un maximum avec ou sans plateau puis une décroissance.

Durée [min.]

40

30

20

10

60

120

180

240

300

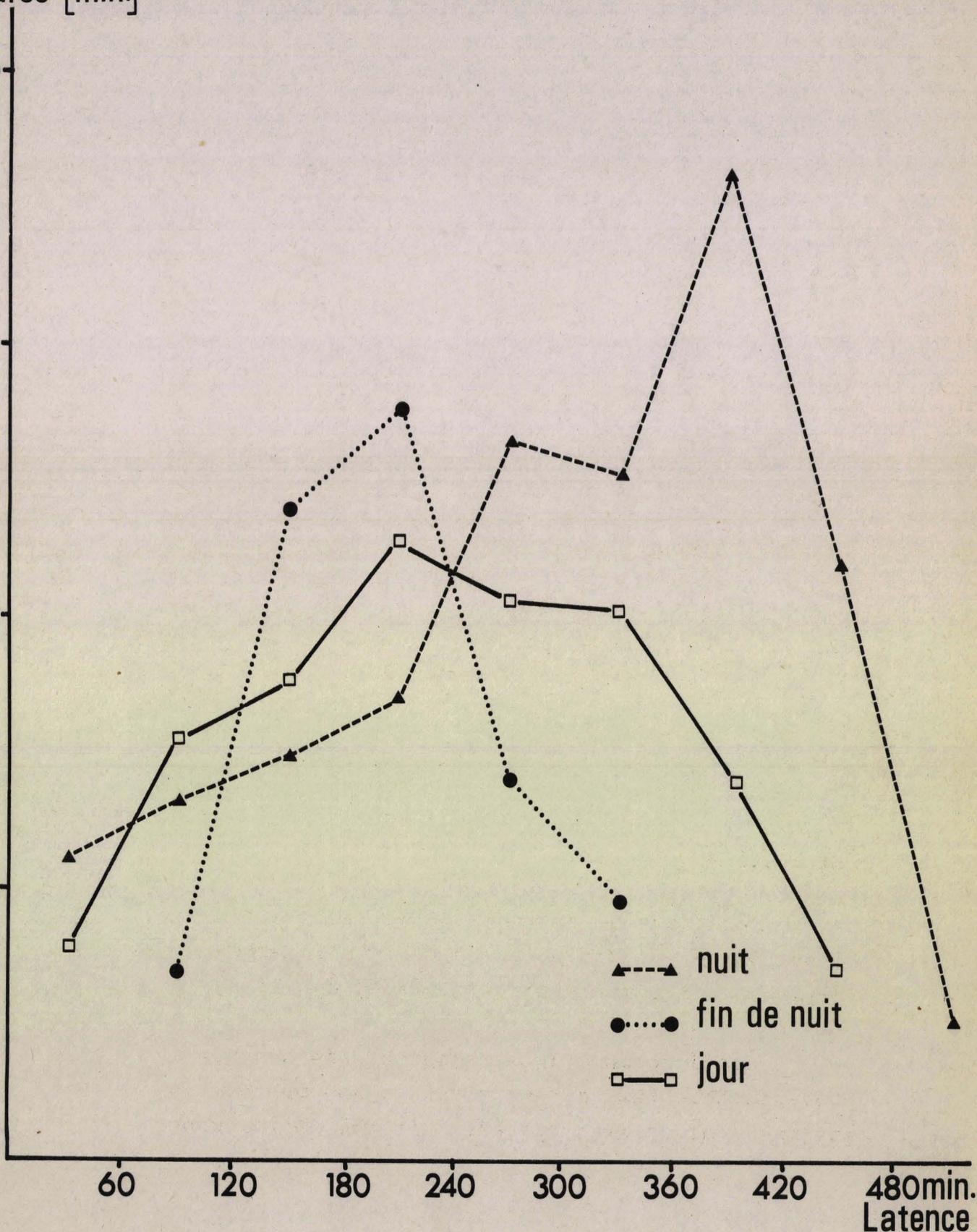
360

420

480 min.

Latence

▲---▲ nuit
●.....● fin de nuit
□—□ jour



et décroît fortement ensuite. Cette courbe est très comparable à celle obtenue chez les dormeurs de nuit habituels (BENOIT et al, en préparation).

Bien que les derniers points soient de moindre valeur statistique que ceux correspondant aux latences courtes, la forme de la courbe traduit une progression régulièrement croissante puis une chute brutale dont il reste à expliquer l'origine. La partie montante est en bon accord avec les résultats qu'on trouve dans la littérature (ASERINSKY 1969, THOMAS et al 1970). La décroissance ultérieure se retrouve dans quelques articles (WEBB et AGNEW 1967, ASERINSKY id) mais sans qu'il en soit donné d'explication convaincante. Dans nos résultats, un indice est fourni par le fait que l'allure des courbes est la même dans tous les cas de sommeil : cela amène à conclure qu'il s'agit d'un phénomène lié à l'organisation interne du sommeil, puisqu'il semble ne pas dépendre de l'heure légale ni d'autres caractères propres à chaque type de sommeil.

- Sommeil de fin de nuit : La courbe atteint son maximum dans les trois premières heures de sommeil, et décroît ensuite. La forme évoque celle de la courbe de nuit, mais décalée de 3 ou 4 heures. Or, il se trouve que les heures de début de sommeil sont aussi retardées de 3 ou 4 heures par rapport aux sommeils de nuit. Il faut donc probablement compléter ce qui a été dit dans le paragraphe précédent : si la forme des courbes semble devoir être mise au compte d'un mécanisme intrinsèque du sommeil, la situation temporelle du maximum de la durée des SP apparaît comme liée à l'heure solaire. La période la plus favorable pour que la durée des SP atteigne son maximum paraît être la fin de la nuit. Ce n'est pas une surprise : la répartition temporelle des SP au cours de la nuit est bien connue, et nos mesures

prouvent que ce fait demeure vrai même si le sommeil a été commencé très tard dans la nuit au point de ne plus pouvoir être assimilé à un sommeil nocturne.

- Sommeil de jour : La courbe atteint un plateau entre 4 et 6 heures de sommeil pour décroître au-delà. La durée maximale moyenne est inférieure à celle du sommeil de nuit. Ainsi :

- le maximum est atteint après une latence moins longue le jour que la nuit,

- la courbe diurne est plus écrasée (maximum plus faible et moins distinct) que la courbe nocturne.

On peut donc penser que l'aspect de cette courbe est le fruit d'un compromis entre :

- l'impératif circadien qui tendrait à ce que le maximum de SP soit situé au début de la matinée, c'est-à-dire aussi au début des sommeils de jour,

- les nécessités de la logique interne du sommeil qui veut que le maximum du SP soit situé à la fin d'une période de sommeil, quelle que soit la localisation dans le nyctémère.

b) Etude du nombre de M.O. (Fig. 18)

L'allure des courbes moyennes dans les trois catégories est voisine de celle observée pour les durées (une montée, un plateau ou non, puis une décroissance). De plus, leur décalage relatif est approximativement le même. On a calculé les coefficients de corrélation: nombre de M.O./durée. On a obtenu pour les trois catégories de sommeil :

Fig. N° 18

Nombre de MO en fonction de la latence
d'apparition du SP qui les contient.

Ces courbes ont une allure comparable à celle
des courbes de la figure précédente. Mais leur
position relative est différente.

Nb. de M.O.

400

300

200

100

60

120

180

240

300

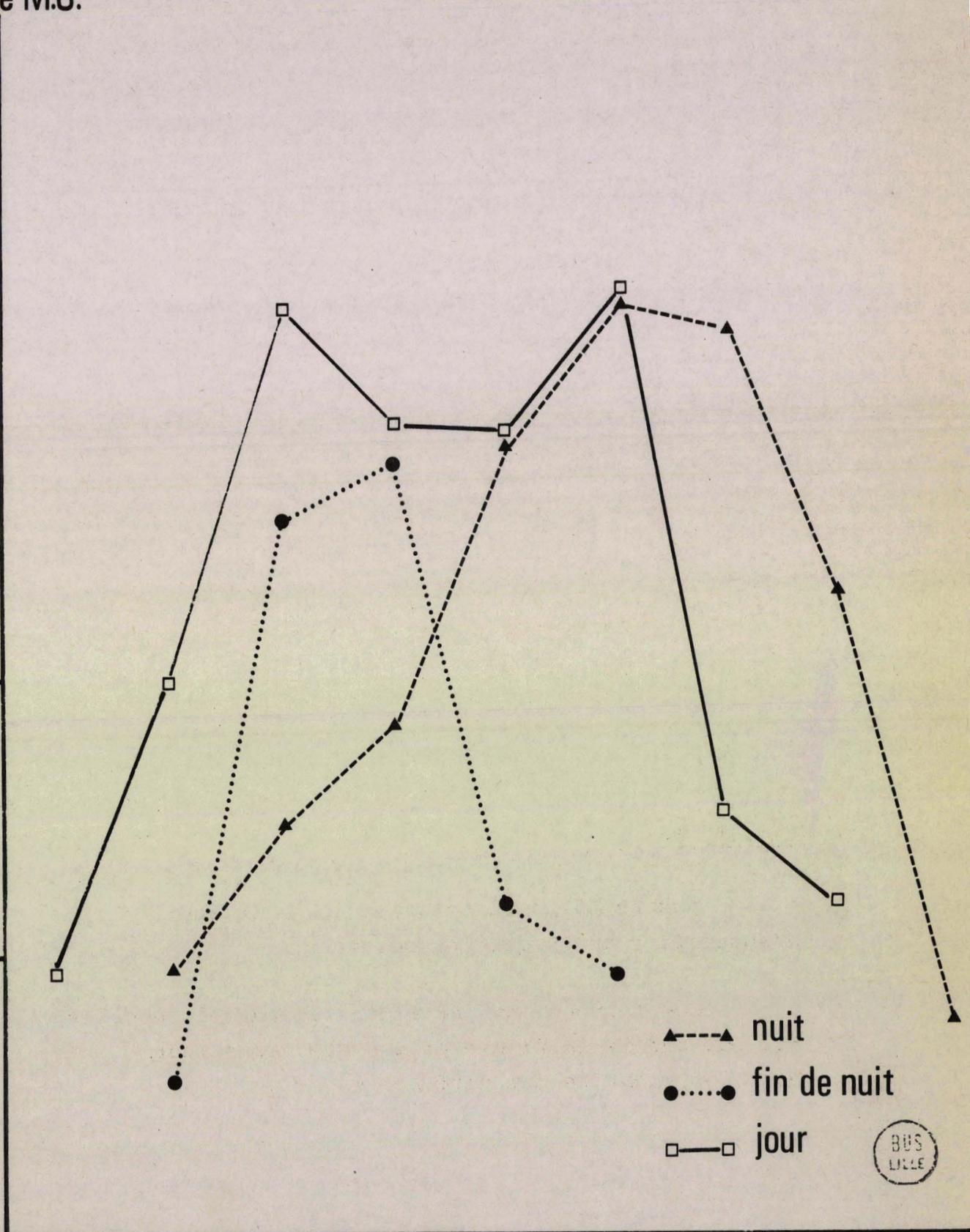
360

420

480min.

Latence

- ▲---▲ nuit
-● fin de nuit
- jour



	JOUR	NUIT	FIN DE NUIT
COEFFICIENT	0,64	0,81	0,97
de corrélation:	n = 94	n = 68	n = 18

Ces chiffres signifient que les deux variables : durée du SP et nombre de M.O. ($p < 0,001$ dans les trois cas) sont des variables fortement liées entre elles, mais les différences observées suggèrent que la nature de la relation trouvée dépend de l'heure solaire. La relation la plus forte est obtenue au moment où les SP de nuit normale sont les plus longs et les plus riches en M.O., et la relation la plus faible le jour; ces données laissent donc supposer que les variations circadiennes tonique et phasique ne sont pas synchrones ou n'ont pas la même phase. Il semble donc bien que l'horaire du sommeil modifie l'organisation du SP, aussi bien dans ses éléments phasiques (nombre de M.O.) que dans sa composante tonique (durée).

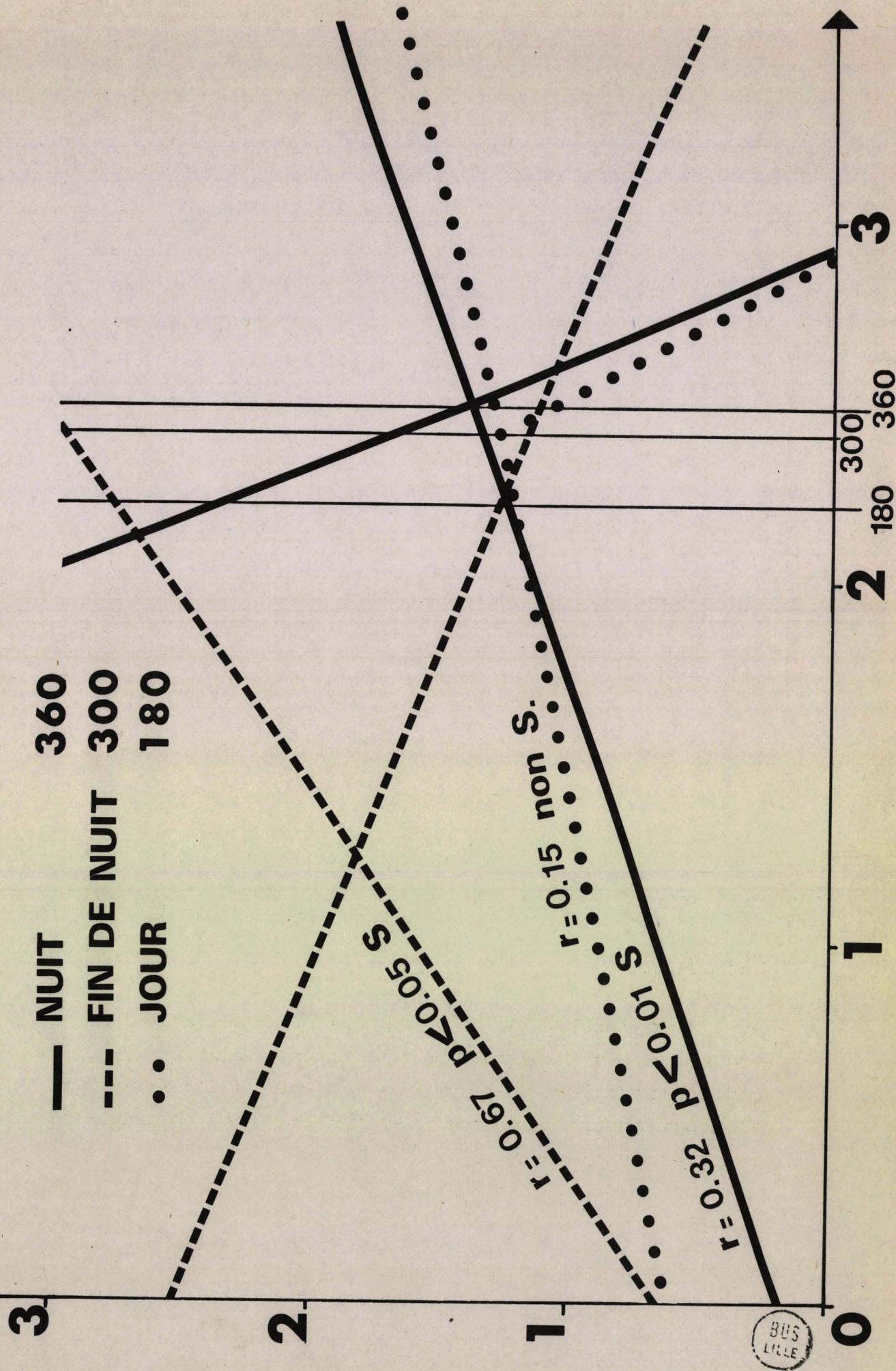
Les droites de régression sont tracées pour les sommeils de nuit et de jour sur la Fig. 19 (durée du SP) et la Fig. 20 (nombre de M.O.). Préalablement, toutes les données ont été converties en logarithmes, afin d'homogénéiser les résultats et les rendre comparables avec d'autres, en particulier ceux de BENOIT et al (en préparation). Les coefficients de corrélation qui correspondent aux droites de régression ont été calculés, et leur valeur statistique appréciée. On obtient pour la partie montante des courbes :

Fig. N° 19

Logarithme de la durée des SP en fonction du
logarithme de la latence d'apparition. Droites de
régression calculées à partir des points correspondant
aux portions ascendantes puis aux portions descendantes
des courbes précédentes.

LOG. DUREE

LOG. LATENCE



— NUIT 360
 - - - FIN DE NUIT 300
 .. JOUR 180

$r = 0.67$ $p < 0.05$ S
 $r = 0.15$ non S.
 $r = 0.23$ $p > 0.01$ S

BUS LILLE

LOG. Nbre DE MOUVEMENTS OCULAIRES

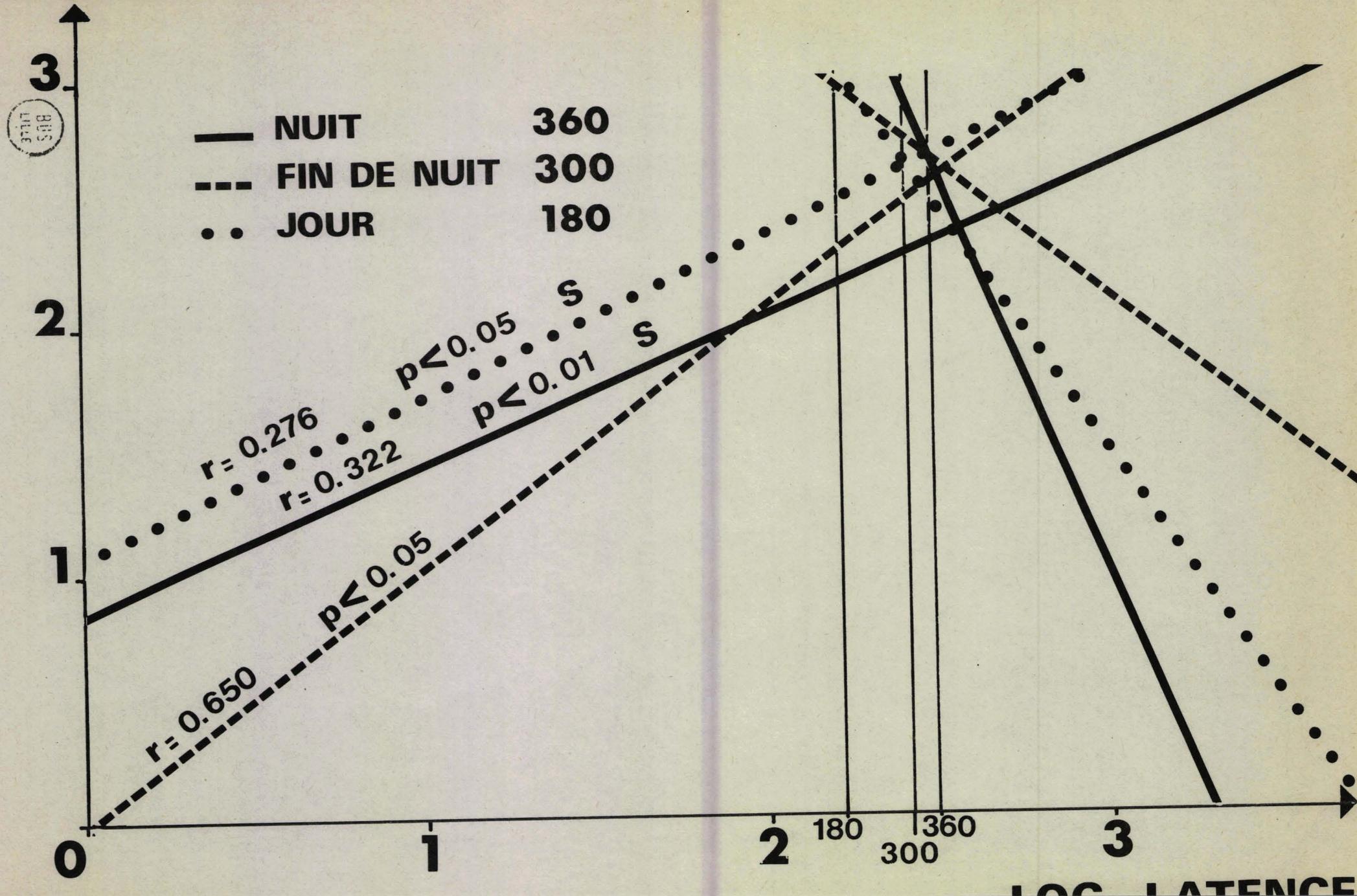


Fig. N° 20

Logarithme du nombre des SP en fonction du
logarithme de la latence d'apparition.

:	:	JOUR	:	NUIT	:	FIN DE NUIT	:
:	:	:	:	:	:	:	:
:	DUREE	non signifi- catif	:	s.à p < 0,01	:	s.à p < 0,05	:
:	-----						
:	NOMBRE DE	s.à	:	s.à	:	s.à p < 0,05	:
:	M.O.	p < 0,05	:	p < 0,01	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:

Il apparaît que les corrélations sont moins bonnes le jour que la nuit. Ce fait correspond à une dispersion plus grande des résultats. En particulier, les longueurs des périodes de SP sont plus grandes et plus dispersées pour le sommeil de jour. Cela se traduit par une corrélation non-significative entre latence et longueur des SP, et par une corrélation un peu plus faible entre longueur des SP et nombre des M.O.

On peut se demander, après avoir étudié la durée des SP et le nombre de M.O. si leur rapport, c'est-à-dire la fréquence des M.O. ne serait pas la grandeur décisive pour décrire l'évolution du SP.

c) Etude de la fréquence des M.O.

Les courbes moyennes de la fréquence en fonction de la latence ont une allure différente pour les sommeils de nuit que pour les sommeils de jour (Fig. 21). Pour les nuits et les fins de nuits, la fréquence paraît stable, voire faiblement décroissante. Pour les sommeils diurnes, les variations sont beaucoup plus amples d'une heure à l'autre, mais malgré les oscillations, la courbe de la fréquence tend à croître avec l'heure de la journée. Il faut remarquer que toute

Fig. N° 21

Fréquence des M.O. en fonction de la latence
d'apparition du SP qui les contient.

Il est difficile de conclure sur la forme réelle
de ces courbes. Il apparaît néanmoins que la courbe
des fréquences des M.O. pendant le jour est constamment
supérieure aux deux autres.

Fréquence [Nb. de MO/min.]

20

10

60

120

180

240

300

360

420

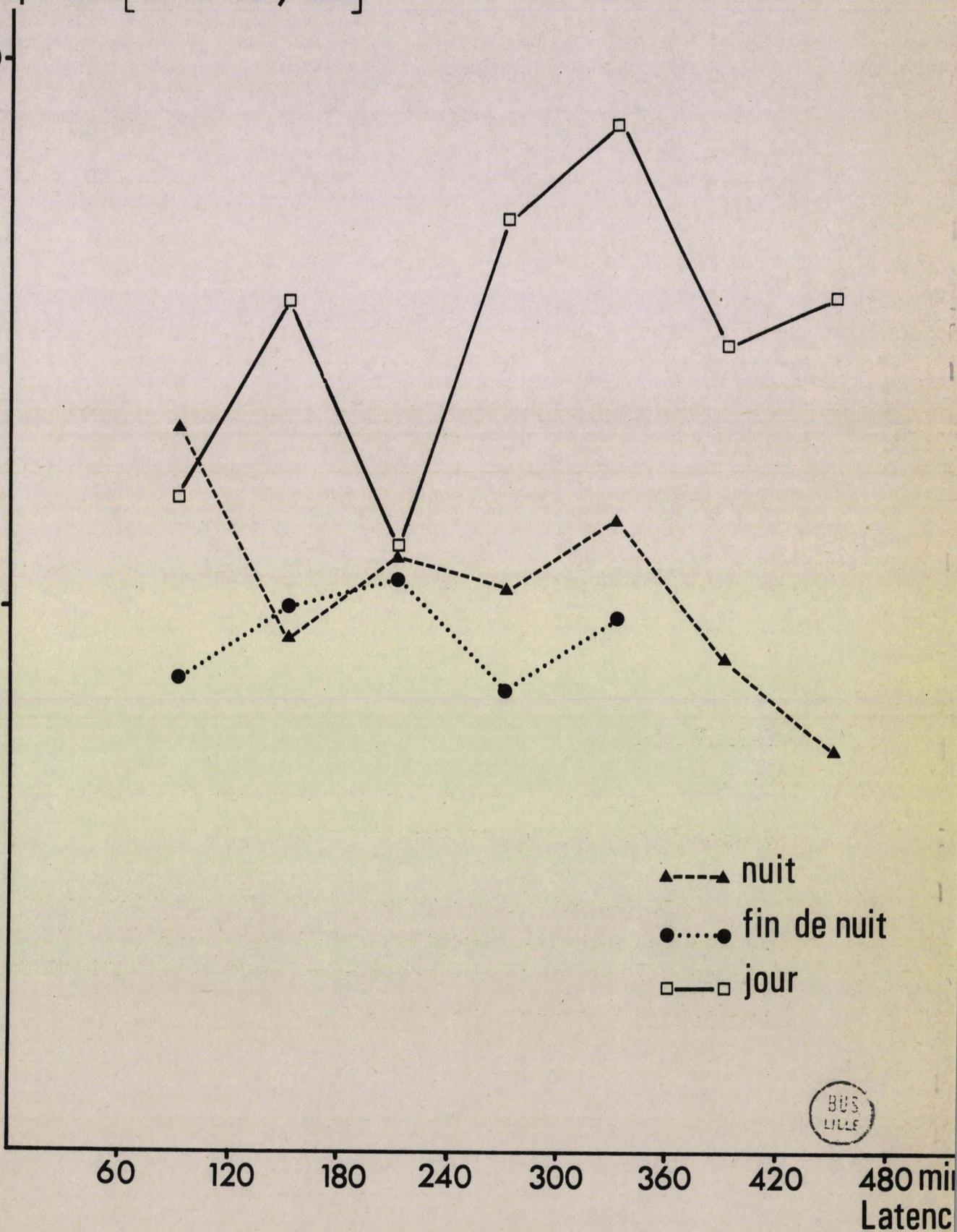
480 min

Latenc

▲---▲ nuit

●.....● fin de nuit

□—□ jour



la courbe des fréquences diurnes est située au-dessus de celle des fréquences nocturnes, ce qui prouve que les différences constatées entre le jour et la nuit sont plus importantes relativement pour le nombre de M.O. que pour la durée des SP.

La variable : fréquence n'apparaît donc pas particulièrement révélatrice de l'évolution du sommeil. Il ne faut probablement pas trop s'en étonner : la fréquence est obtenue en faisant le rapport de deux grandeurs physiologiquement hétérogènes, l'une de nature phasique et l'autre de nature tonique. Les courbes présentées suggèrent que ces deux grandeurs varient de façon corrélativement harmonieuses la nuit, et que cela n'est plus vérifié au cours des sommeils diurnes. Ce qui expliquerait les variations plutôt erratiques de la fréquence.

Comme il a déjà été noté, une preuve du rôle joué par la logique interne du sommeil est à voir dans la forme en cloche de toutes les courbes présentées. On peut se demander maintenant si l'heure à laquelle se déroule le sommeil a une influence sur la composition du sommeil en éléments phasiques et toniques.

III - LE SP ET LES RYTHMES CIRCADIENS (ROLE DE L'HEURE LEGALE.)

Les variables utilisées précédemment (durée du SP, nombre de M.O., fréquence des M.O.), ont été reprises cette fois, mais rapportées à l'heure absolue de leur survenue et non plus à l'heure comptée à partir des débuts de sommeil. Bien entendu, ne pas tenir compte de la latence des SP ne signifie en aucune façon éliminer le facteur : organisation interne. C'est pourquoi les courbes en fonction de l'heure légale, ne sont jamais

que le témoignage simultané de l'influence circadienne et de l'organisation interne. Nous avons essayé ici de dégager ce qui revient spécifiquement à l'influence circadienne.

Le résultat est assez peu convaincant en ce qui concerne la durée des SP et le nombre de M.O. Sur les figures, on a regroupé les SP heure par heure selon leur heure d'occurrence et on a reporté les moyennes pour chaque heure.

On y distingue certains résultats bien connus :

- entre 23 heures et 8 heures du matin, la durée et le nombre de M.O. croissent et culminent entre 4 et 7 heures pour décroître vers 8 - 9 heures,
- il existe un "trou" très marqué entre 7 et 9 heures pour le nombre de M.O., entre 8 et 9 heures pour la durée du SP. Ce fait sera repris dans la discussion car il apparaît à travers plusieurs indices, qu'il existe comme un point de rupture dans l'organisation du sommeil vers ces heures du matin. Ce sont précisément les heures auxquelles la majorité des sujets s'endort ou s' veille. A l'inverse des deux courbes précédentes, celle de la fréquence des M.O. semble présenter une tendance mieux marquée (Fig.22).

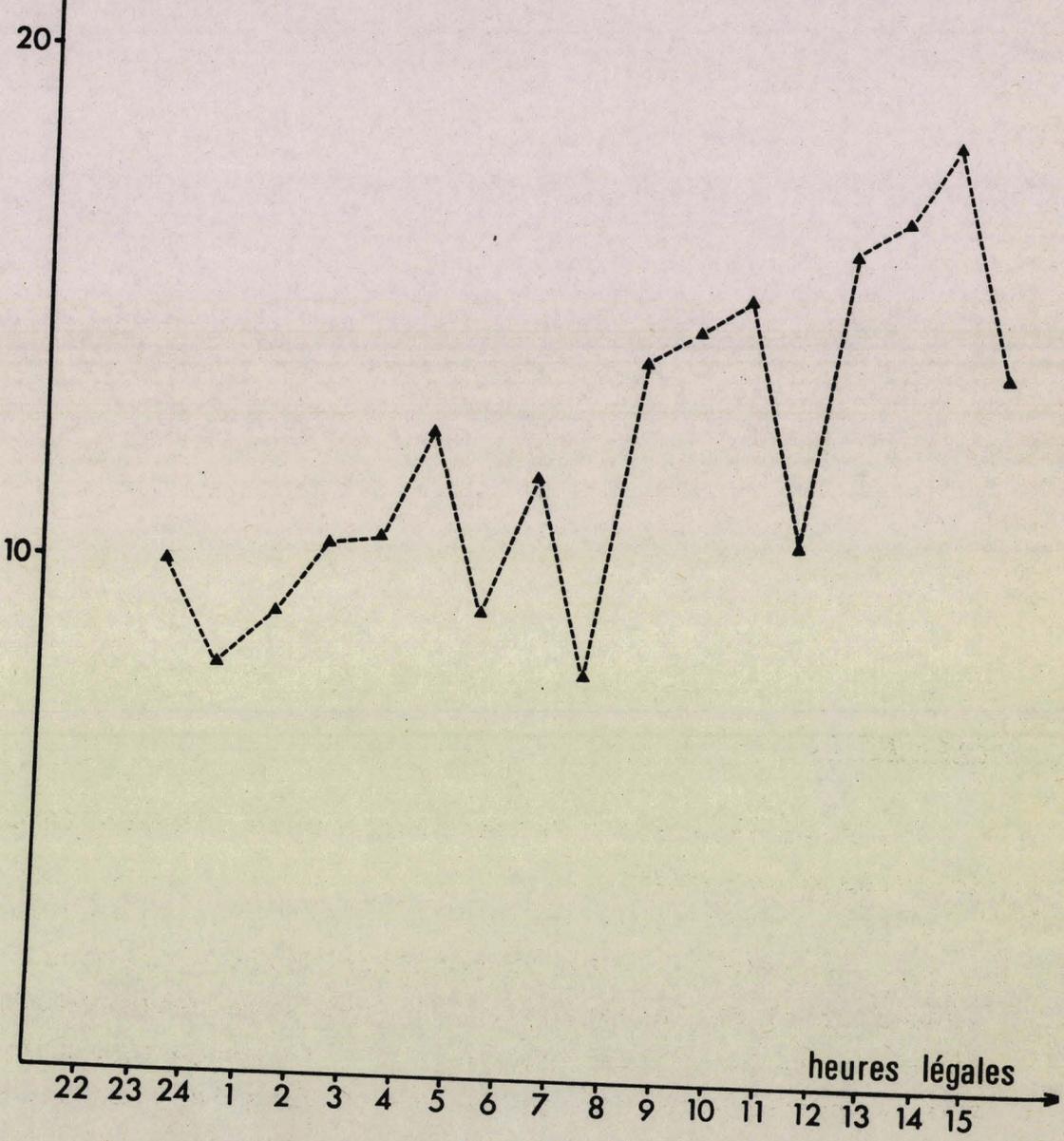
1°) La fréquence des M.O. des SP diurnes (après 8 heures) est constamment plus élevée que celle des SP nocturnes (significatif à $p < .001$). Cela est compatible avec la Fig. 22 et avec l'explication avancée, à savoir que les phénomènes phasiques diurnes (nombre de M.O.)

Fig. N° 22

Fréquence des M.O. en fonction de l'heure légale
(classes d'une heure).

On peut faire des hypothèses divergentes sur le sens réel de la variation que recouvre cette courbe accidentée. Il semble néanmoins que la fréquence des M.O. augmente à mesure qu'on avance dans la journée. On remarque par ailleurs des échancrures très larges dans cette courbe vers 7 h du matin et vers midi.

Fréquence des M.O.



augmentent relativement plus et plus vite que les phénomènes toniques (durées du SP), si on les compare à la nuit.

2°) La courbe des fréquences accuse une chute entre 6 et 8 heures du matin, ainsi qu'une autre, moins nette entre 11 et 12 heures.

Ces faits sont difficilement compatibles avec l'hypothèse de la fréquence des M.O. croissant continûment dans le temps depuis le début de la nuit jusqu'à la fin de la matinée. De toute façon, notre courbe ne couvre pas tout le nycthémère.

S'il y a une régulation circadienne de la fréquence des M.O., il est difficile de conjecturer quelle forme elle revêt, c'est-à-dire comment on peut clore la courbe sur elle-même.

Par ailleurs, l'impossibilité de faire ressortir des résultats nets fait soupçonner qu'il n'existe peut-être pas de rythmicité circadienne des éléments du SP qui puisse se dégager à cause de la force des impératifs de l'organisation interne du sommeil.

Retenons seulement pour la discussion, les points de rupture qui apparaissent aux premières heures de la matinée. Ces variations brusques de la quantité d'éléments phasiques du sommeil doivent probablement être rapprochées du profil circadien d'autres fonctions physiologiques, en particulier hormonales. Certaines variations présentent des pentes très raides au moment des transitions nuit-jour; en particulier, c'est peut-être le cas du taux de renouvellement (turn-over) des amines cérébrales qui est probablement à l'origine de la rythmicité circadienne des phénomènes hypniques. Mais d'autres études plus approfondies seraient nécessaires pour fonder cette hypothèse.

C O N C L U S I O N

La notion d'organisation interne implique l'existence d'un "programme" inscrit au niveau des centres du sommeil. Bien que la notion de centre soit discutable, c'est une commodité de langage pour désigner des systèmes fonctionnels distincts mettant en jeu des topographies et des médiateurs distincts. On reconnaît actuellement deux grands systèmes : un système sérotoninergique commandant le SI et un système catécholamin-

D'abord, il faut préciser ce que nous entendons par "organisation interne du sommeil", ou "logique interne de sommeil", expressions que nous emploierons indifféremment par la suite. En fait, si nous n'avions pas craint la facilité du français, nous aurions employé l'expression américaine d'"intra-sleep-cycling" (WRBB) parce qu'elle traduit mieux que ses équivalents français possibles qu'il y a en permanence enchaînement logique d'une manifestation hypnique sur l'autre.

I - L'ORGANISATION INTERNE DU SOMMEIL. GÉNÉRALITÉS

Dans les chapitres précédents, on a souvent invoqué la logique interne du sommeil. Dans une certaine mesure, l'existence de cette logique va de soi : le sommeil n'est pas un processus aléatoire, tant dans son apparition que dans sa durée et son développement. Néanmoins, il a fallu un grand nombre d'études très variées pour cerner cette notion. Avant de discuter nos résultats pour lesquels elle est tout à fait centrale, nous passerons en revue les différents abords qui ont conduit à elle et les résultats les mieux établis.

nergique impliqué dans le SP (JOUVET 1972). Il existe vraisemblablement un mécanisme d'asservissement liant ces deux systèmes l'un à l'autre comme le montrent chez le chat les travaux de SIMON et BROOKS (1972) et URSIN (1970).

Ce chercheur établit la relation qui existe entre la quantité de SP et celle du sommeil synchronisé chez le chat après différents types de lésions expérimentales. Après destruction de centres contrôlant le SL, on constate corrélativement une diminution du SP. A la limite, le SP ne peut plus survenir si la quantité totale de SL descend en dessous de 16 % du temps d'enregistrement. Ce fait démontre que le SP ne dépend pas seulement du fonctionnement de tel ou tel centre mais qu'il est sous le contrôle d'"executive mechanisms", c'est-à-dire d'enchaînements dont la source se situe dans la formation réticulaire pontique. Ces raisonnements reposent sur des expériences neurophysiologiques faites chez le chat. Quand on traite du sommeil humain dans la littérature, sa définition est implicitement plus restrictive. Sauf exception précisée, il s'agit :

1°) - d'une période monophasique nocturne et durant entre 6 et 9 heures. Ces caractéristiques, admises souvent implicitement, ne sont pas sans importance. En effet, si l'on oblige les sujets à déplacer leur sommeil dans le nycthémère - c'est le sujet de notre travail - la durée est en moyenne raccourcie, mais le sommeil continue à être réalisé d'une seule traite. Ce caractère est propre à l'humain adulte en bonne santé, et elle implique l'existence d'une force de cohésion interne au sommeil.

2°) - d'une succession de cycles de durée

moyenne d'environ 90 mn, au cours desquels le sujet passe par des profondeurs de sommeil croissantes, puis décroissantes, et "réémergeant" en une phase de SP à la fin de chaque cycle. Ce décours périodique se conserve statistiquement dans l'allure générale ainsi que la durée moyenne des cycles.

3°) - d'une répartition quantitative et temporelle des différents stades de profondeur très constante. Citons seulement KALES et al (1967), et WILLIAMS et al (1964). Les pourcentages moyens des stades chez des adultes jeunes sont :

	0	1	2	3	4	SP
WILLIAMS	1 (0,9)	5,4 (4,5)	48,7 (4,7)	7,7 (3,0)	13,2 (5,9)	24,1 (4,2)
KALES	-	4,4 (2,9)	51,2 (5,8)	10,1 (3,6)	11,2 (4,8)	22,9 (3,9)

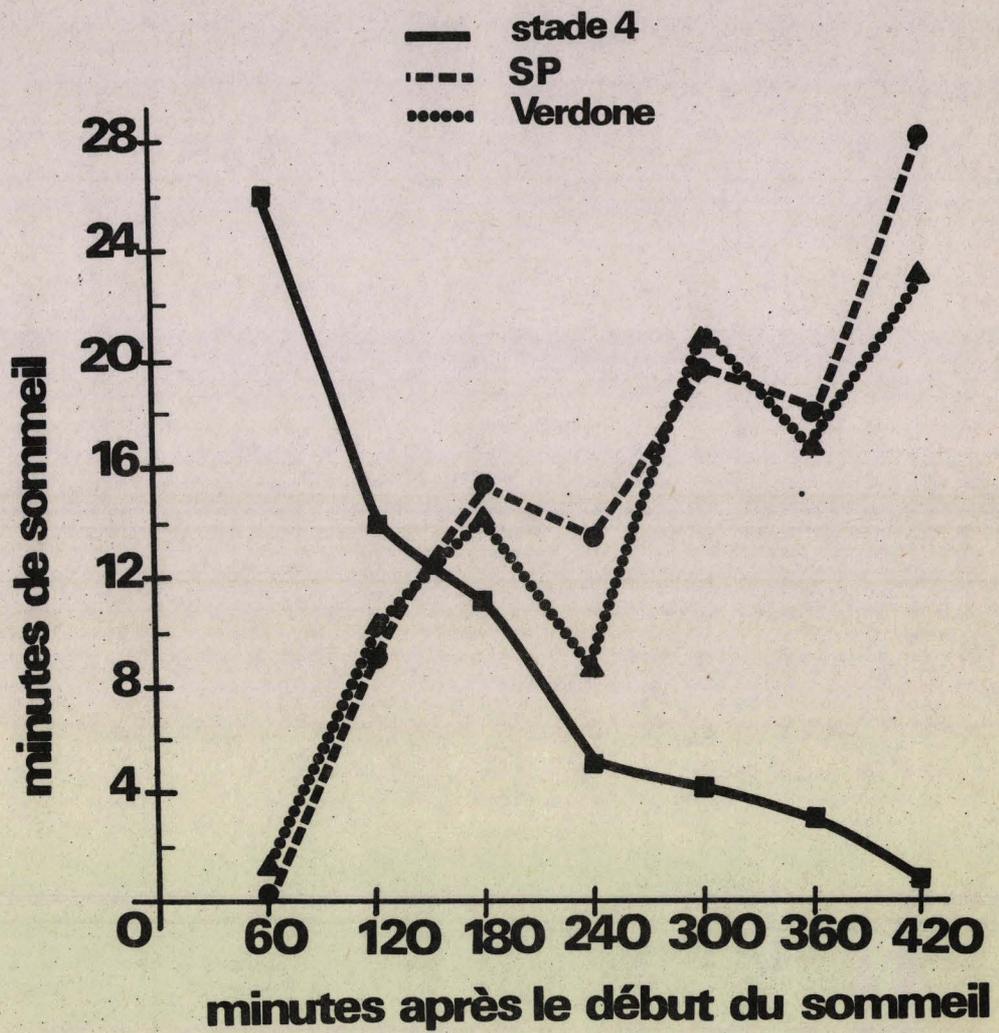
Entre parenthèses : l'écart-type.

Par ailleurs, quoique la succession des stades telle que la montre le schéma d'une nuit ait un aspect assez chaotique, on distingue une relation séquentielle et une distribution temporelle très nettes des périodes de SP et de SL. Schématiquement, comme le montrent la figure de WEBB (1971), (Fig.23) et notre figure 14 (1ère partie), le début de la nuit est caractérisé par une abondance de SL dont la quantité décroît progressivement avec le temps pour faire place à une prédominance du SP.

Fig. N° 23

Quantités de stade 4 et de SP apparues par heure de sommeil à mesure que la nuit se déroule (d'après WEBB 1971 et VERDONE 1968).

On voit nettement les effets de la logique interne du sommeil sur la distribution différentielle des stades : le stade 4, abondant au début, décroît tout au long de la nuit tandis que le SP augmente régulièrement. On ne retrouve pas sur ces courbes la trace d'un phénomène probable de saturation qui est apparu dans nos résultats.



**DISTRIBUTION HORAIRE DU STADE 4
ET DE LA PMO (d'après Webb 1971)**

D'autre part, des renseignements précieux sur la nature de cette organisation interne du sommeil sont apportés par des cas où celle-ci n'est plus (ou n'est pas encore) établie.

1 - Ontogénèse et effets de l'âge.

Les configurations du sommeil sont connus chez le nouveau-né et même in utero, dès qu'on peut distinguer des activités électriques cérébrales. Pratiquement rien de ce qu'on a décrit chez l'adulte sous l'appellation "logique interne" n'est visible chez le nouveau-né.

Le sommeil est multi-phasique (PARMELEE and STERN 1972). Au début, la durée maximale des plages continues de veille et de sommeil est faible (1 - 2 heures de veille toutes les 4 heures). Puis les périodes de sommeil et de veille s'allongent respectivement, tendant à réduire le nombre d'alternances veille-sommeil. La sieste d'après-midi, même si elle peut subsister jusqu'à cinq ans, ne représente vite plus qu'une très faible proportion du sommeil total.

Tout se passe comme si, au cours de l'établissement de ce rythme circadien, on assistait au renforcement progressif de la cohérence interne du système de sommeil (et simultanément du système de veille). Au début, le nouveau-né semble ne pas avoir la force de veiller très longtemps : alors il s'endort. De même, il n'a pas la force de dormir très longtemps : dans ce cas, il s'éveille. Ce caractère uniphase s'établit donc très tôt en se synchronisant sur une période de 24 heures, et il demeure pratiquement

constant pendant tout l'âge adulte, même si, après 50 ans, on constate souvent une tendance à la fragmentation du sommeil.

A cela, se superpose le développement des cycles SP- S non P. (Fig.24). La durée de ce cycle semble constante pendant les premiers mois de la vie et se situer autour de 50 mn. Il augmente ensuite nettement au cours de l'enfance, à un moment encore mal précisé, mais sûrement avant 10 ans pour se stabiliser à 90-100 mn, durée qui ne changera plus avec l'âge.

La durée totale du sommeil se modifie considérablement avec l'âge (Fig.25). Elle décroît de façon très rapide pendant l'enfance (12 heures et plus) pour atteindre un minimum à l'âge adulte auquel elle se stabilise. Il est possible qu'une légère décroissance ultérieure accompagne le début de la sénescence (FEINBERG 1969).

Les composantes du sommeil suivent une évolution différentielle. La durée du SP suit une évolution quelque peu comparable à celle de la durée totale du sommeil : une décroissance rapide au cours de l'enfance, un plateau pendant l'âge adulte, et, probablement, une nouvelle décroissance après 60 ans. Le SL, lui, décroît constamment depuis la naissance jusqu'à la mort, d'abord très rapidement jusqu'à 20 ans, beaucoup plus lentement ensuite. La quantité totale à 60 ans ne représente néanmoins que 55 % de la quantité à 20 ans.

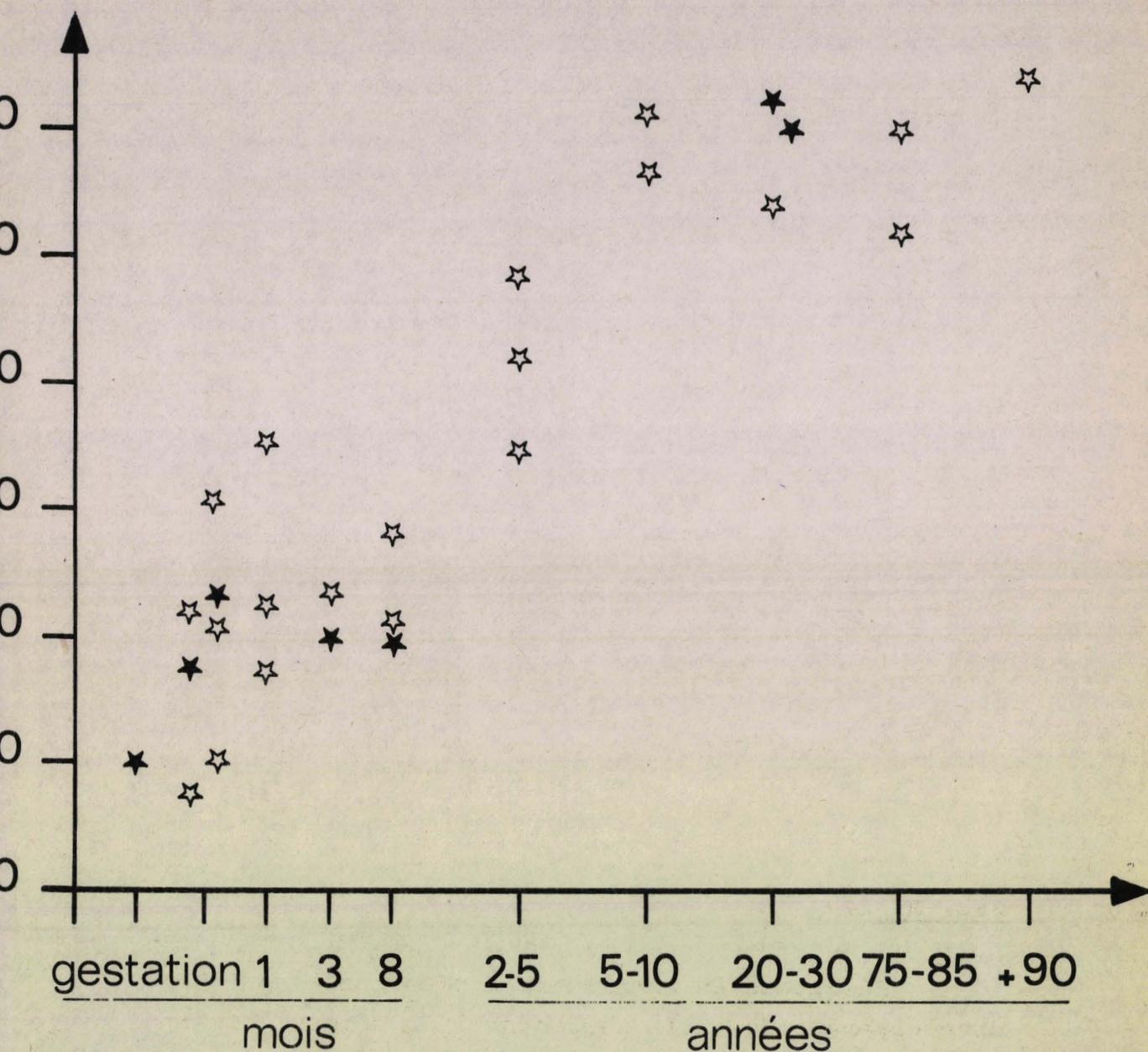
Sans discuter ici les explications possibles

Fig. N° 24

Résultats de nombreuses études concernant le développement du cycle fondamental du sommeil humain avec l'âge (d'après STERMAN 1972).

Cette figure rassemble les résultats d'une douzaine d'études différentes. On ne trouve pas d'évolution significative jusque vers huit mois. Il se produit ensuite un allongement pendant l'enfance. La stabilisation de la durée aux environs de 90 mn semble s'établir dans la période 5 - 10 ans ou peut-être plus tard.

DUREE DU CYCLE (en mn)



DEVELOPPEMENT DU CYCLE

REPOS / ACTIVITE

PENDANT LA VIE HUMAINE

D'APRES M. B. STERMAN (1972)



Fig. N° 25

Durée totale du sommeil et pourcentage du SP et du stade 4. Evolution avec l'âge. (d'après FEINBERG 1969).

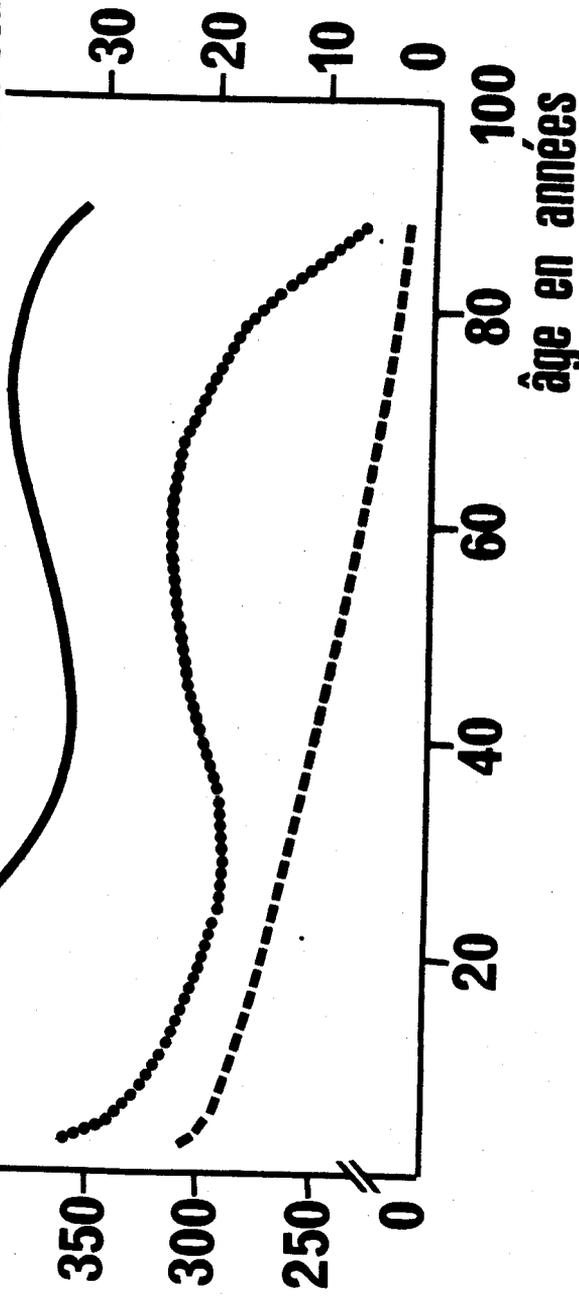
Alors que la quantité en SP semble être stable au cours de l'âge adulte et ne décroître qu'avec un certain degré de sénilité, la quantité de SL décroît régulièrement tout au long de l'existence humaine. Cette différence est un indice que les "besoins" en SP et en SL sont d'une nature essentiellement différente.

temps total de sommeil (nb mn / 24 h)

S.P. =

stage 4 = ----

pourcentage du
sommeil passé en
S.P. et en stage 4



d'après I. FEINBERG 1969



qu'on peut trouver à ces évolutions en fonction de l'âge, on peut conclure que l'image classique du sommeil de l'homme adulte est obtenue par l'équilibre de plusieurs phénomènes : la durée totale du sommeil, la durée de SP et celle du SL sont des réponses à des besoins essentiellement différents, quoique très liés entre eux. Chacun d'eux joue un rôle spécifique dans l'histoire du développement de l'individu : les constantes qualitatives et quantitatives du sommeil de l'homme adulte ne traduisent rien d'autre que la stabilisation sur un compromis probablement optimal entre les différents besoins ("pressure" en anglais).

2 - Interventions pharmacologiques (drogues)

Il est certain que la régulation des états de vigilance et de sommeil est sous le contrôle des monoamines cérébrales (JOUVET 1972). On peut donc imaginer - et l'expérience le confirme - que l'alternance veille/sommeil et les caractères du sommeil puissent être modifiés par des drogues.

Néanmoins, chez l'homme, il est toujours difficile de savoir par quel enchaînement causal on doit expliquer l'effet d'une drogue. Celle-ci peut, ou bien modifier le besoin spécifique en tel ou tel type de sommeil, ou bien influencer sur l'intra-sleep-cycling. Les résultats des études pharmacologiques faites sur l'homme ne sont pas toujours très clairs et on est souvent obligé d'extrapoler à partir d'expériences animales pour les comprendre. Il se dégage pourtant quelques résultats généraux :

- Dans les cas de réduction de la durée

totale du sommeil, le SL humain semble très difficile à modifier par des drogues. La décroissance obtenue par l'emploi de certains antidépresseurs (imipramine par exemple), se fait par diminution du SP et du stade 2.

Il est remarquable que les modifications qu'on parvient à induire pharmacologiquement portent sur les stades 2 et SP comme les différences trouvées entre sommeil des petits dormeurs et celui des gros dormeurs (HARTMANN 1971). Cette notion a pour nous de l'intérêt : en effet, c'est aussi à cela (stade 2 et SP) que se ramènent les différences entre les sommeils diurnes et les sommeils nocturnes de nos sujets.

- HARTMANN (1971) émet l'hypothèse que l'action de certains médicaments présentés comme somnifères qui allongent effectivement le SL, s'expliquerait plutôt comme due à une anesthésie ou à un "coma" léger que comme un simple allongement du sommeil normal.

Contrairement au SL, le SP est sensible à l'effet des drogues. Pour lui, le tableau des effets des drogues est bien plus vaste et plus complexe. En résumant très succinctement, le SP apparaît comme un état beaucoup plus fragile que le SL aux perturbations d'origine chimique. Cet état de choses doit être probablement mis en relation avec la complexité de la chaîne des mécanismes biochimiques que son déclenchement met en jeu.

3- Pathologie du sommeil.

Dans le tableau des états pathologiques du sommeil, une maladie bien décrite depuis longtemps nous intéresse en particulier:

la narcolepsie (ou maladie de Gélinau). Nous envisageons seulement la "narcolepsie en SP". La narcolepsie se caractérise par une suite d'"attaques" de sommeil qui surviennent chez le malade pendant tout le nycthémère. Plus remarquable encore est le fait qu'il s'agit d'accès de SP survenant souvent sans SL préalable. Ainsi le SP semble se libérer de cette "mise en tutelle" par la veille et le SL acquise avec l'âge (PASSOUANT 1972). On ne peut s'empêcher de faire le rapprochement avec le sommeil du nouveau-né chez qui les interrelations complexes caractéristiques du sommeil adulte ne sont pas encore établies. Mais la narcolepsie s'établit chez des sujets dont l'organisation cérébrale est terminée : le résultat de cette "indépendance" pathologique du SP est une perturbation profonde des autres niveaux de vigilance. Ainsi, un caractère général des narcolepsies est le manque d'éveil des patients.

Ces faits constituent des preuves très fortes de l'influence capitale de l'organisation interne du sommeil sur le schéma temporel du nycthémère. Il est très probable que les troubles cités ici, en particulier la disparition du cycle de 90 mn, soient dûs à des déséquilibres chimiques au niveau des formations responsables du sommeil. Mais, en ce qui concerne nos sujets, on peut se demander, si, réciproquement, des déplacements temporels imposés des périodes de sommeil ne risquent pas d'aboutir à une modification ou, au moins, à un remodelage de l'organisation interne du sommeil.

4 - Etudes en libre-cours (free-running)

Les manifestations de l'organisation interne

du sommeil sont accordées avec le mode de vie des hommes, probablement parce que l'une et l'autre se sont adaptées à l'alternance jour/nuit, depuis que l'espèce humaine existe. Encore faudrait-il préciser si, dans cet accord, n'intervient pas un rapport causal : la vie de relation n'oblige-t'elle pas la vie physiologique à avoir une périodicité de 24 h.?

C'est pourquoi on a entrepris des expériences dites en "libre-cours", c'est-à-dire que les sujets, soit seuls, soit en petits groupes étaient placés dans des conditions d'isolement (bunker, grotte naturelle) qui leur rendaient impossible toute référence temporelle directe ou non. Le seul résultat vraiment net de ces quelques expériences est que la période de l'alternance veille/sommeil reste voisine de 24 heures avec cependant un écart qui peut atteindre 1 ou 2 heures (en général au-delà de 24 heures). Malgré certaines affirmations, il ne semble pas qu'on ait jamais constaté que des rythmes infradiens, des harmoniques en quelque sorte de la période de base, se soient installés en permanence. Par contre, MILLS (1967) constate chez un sujet isolé pendant quatre mois des rythmes de vie d'abord très irréguliers puis se stabilisant autour de 25 heures.

Ce n'est peut-être pas sans ressemblance avec ce qui se passe au moment d'une rotation de poste: la durée de la "journée" est brusquement modifiée dans ce cas. Il est alors possible que l'organisme ait à maîtriser, outre le déphasage imposé à toutes les fonctions physiologiques, des oscillations de la période propre de l'alternance veille/sommeil.

Voilà, brièvement résumés, les principaux cas où l'intra-sleep-cycling subit des perturbations.

La conclusion globale est que, sauf lésions (en expérimentation neurophysiologique), modifications pharmacologiques ou états pathologiques, la logique interne du sommeil manifeste une grande résistance. Par ailleurs, elle apparaît fortement corrélée avec l'organisation de tout le nycthémère, comme l'indiquent les expériences de vie en libre-cours.

Nous allons donc étudier, à travers nos résultats, ce que devient cette organisation lorsqu'on modifie artificiellement l'horaire du sommeil et discuter les modifications en fonction de l'horaire.

II - L'ORGANISATION INTERNE DU SOMMEIL - NOS RESULTATS.

A) Persistance des schémas de sommeil.

D'entrée, nous pouvons résumer nos résultats de la manière suivante :

- l'organisation interne du sommeil se maintient, malgré la sévérité de certaines conditions;

- des différences significatives en fonction de l'heure apparaissent :

- dans la durée du sommeil,
- dans la composition en stades, en particulier par un déficit en SP.

Le fait le plus apparent est en effet la ressemblance entre les schémas des périodes de sommeil, quelles que soient les circonstances de l'enregistrement. Que l'on dorme de jour ou de nuit, sous l'influence ou non des facteurs qui influent sur la quantité de SL,

(fatigue, déficit de sommeil, veille préalable allongée, etc ...), jamais on ne trouve de véritable dislocation du schéma du déroulement d'une nuit (KLEITMAN 1963) : l'ordre de succession des stades reste le même; le temps qui sépare l'apparition de deux SP successives reste statistiquement constant. Tout au plus, peut-on constater une anamorphose à l'intérieur des cycles, par exemple le SL s'étendant au détriment des stades 1 et 2. Chez les sujets soumis à des horaires de vie parfois très bouleversés, ayant souvent accumulé du déficit de sommeil et de la fatigue, on ne trouve jamais de désorganisation massive comme certains malades, les narcoleptiques en particulier en montrent (PASSOUANT et coll. 1968). Rappelons néanmoins que nous avons utilisé uniquement des dormeurs qui ont déclaré n'avoir pris aucune drogue dans les jours précédant les mesures et ne jamais en prendre de façon régulière.

Il apparaît donc important d'insister sur cette remarquable permanence de la logique interne du sommeil comme premier résultat net de notre étude sur le sommeil de jour.

Cette stabilité est composée en fait de deux éléments :

- une relation stochastique globale entre les différents stades, c'est-à-dire que l'ordre de succession des stades est statistiquement déterminé par une loi constante. De plus, la durée de chaque stade reste dans des limites normales. Nous n'avons pas rencontré de SP durant 1 heure ou plus, comme certains auteurs en rapportent.

- une grande stabilité de la période des cycles (compté depuis le début d'un SP jusqu'au suivant.

Ces deux faits sont-ils liés ? Faute de trouver des arguments qui soient en faveur d'une réponse affirmative, nous inclinons à penser qu'ils sont indépendants. Comme on l'a démontré à plusieurs reprises, les durées respectives du SP et du SL sont sous le contrôle de facteurs différents. Mais on voit mal comment ces facteurs, s'ils étaient absolument autonomes, s'arrangeraient entre eux justement pour que la somme SL + SP + stades 1 et 2 corresponde à 90 mn. Si on est dans un cas où le besoin de SL, par exemple, est fort, il serait naturel que sa durée soit très longue : or, elle peut être plus longue que la normale, mais jamais au point de modifier la périodicité de 90 mn. On peut donc penser que l'"horloge" réglée sur 90 mn. est un mécanisme indépendant et puissant qui module les grandes tendances du sommeil. Pour reprendre l'image assez lyrique de EPHRON et CARRINGTON (1970), il s'agit d'un système de vagues qui se superpose à un système de marées, entendons par là l'alternance veille/sommeil. De même que ce n'est pas la succession des vagues qui constitue la marée, de même les grands traits du sommeil (c'est-à-dire la diminution progressive du SL et l'accroissement du SP au cours de la nuit) ne sont pas la résultante de la succession de plusieurs cycles de 90 mn.

Il faut néanmoins faire une remarque très importante : tout ce qui vient d'être dit est vrai pour une vision d'ensemble du sommeil, c'est-à-dire si l'on s'occupe des durées moyennes des stades, absolument ou relativement. On ne l'est plus tout à fait si l'on étudie dans le détail chaque passage d'un stade à l'autre.

GLOBUS et al(1972) ont étudié la variabilité de la durée des périodes de SP et de S non P. Ils trouvent une différence statistiquement significative de cette variabilité, entre le sommeil diurne et le sommeil nocturne et en concluent à l'instabilité de l'organisation temporelle du sommeil. Ainsi, ils pensent que la modulation circadienne des oscillations ultradiennes n'est pas aussi bien réalisée le jour que la nuit.

Nous pensons que cette affirmation n'est pas en complète contradiction avec ce que nous avons dit de la stabilité de l'organisation interne du sommeil à travers le temps. Simplement, il s'agit d'une échelle d'observation plus fine. De toute façon, cela ne permet toujours pas de savoir, s'il y a une différence entre le sommeil diurne et le sommeil nocturne, et en quoi réside cette différence.

Une autre preuve de la force de l'intra-sleep-cycling est apportée par la composition des cycles en SL/SP à l'intérieur du sommeil. (Fig.14, 1ère partie). Non seulement la durée des cycles reste constante, non seulement la succession des stades vérifie la même loi le jour comme la nuit, mais les pourcentages respectifs du SL et du SP varient de la même façon à mesure que le sommeil se déroule. Le schéma-type vers lequel semble "tendre" dans tous les cas l'organisme est celui d'un sommeil de sept ou huit heures avec une prédominance du SL au début, progressivement relayé par le SP à mesure que la nuit s'écoule. Nos enregistrements montrent deux choses :

- cette alternance demeure en quelque sorte "programmée" sur une durée de sommeil de 7 ou 8 heures. Si le sommeil est raccourci, artificiellement ou non, on ne constate pas de déformation dans cette

alternance. Le nombre de cycles diminue, ce qui empêche le SP d'atteindre l'ampleur qu'il aurait eu dans les cycles manquants si le sommeil avait duré huit heures. Le développement de la dynamique interne du sommeil est donc gêné, mais la dynamique elle-même n'est pas modifiée.

- de jour comme de nuit, cette logique interne du sommeil demeure. Mais elle semble déformée par l'heure légale à laquelle le sommeil a lieu. Les résultats concourent à prouver que les premières heures de la matinée sont un moment très favorable au SP. Effectivement, la quantité de celui-ci est, à nombre d'heures de sommeil égales, supérieure le jour que la nuit (1). Mais cette expansion ne se fait pas au détriment du SL qui demeure abondant et qui, à mesure que le sommeil s'écoule, diminue, comme dans une nuit normale, alors que le SP, lui, continue d'augmenter.

L'évolution du nombre de M.O. (phénomène physique) va dans le même sens que l'évolution de la durée du SP (Phénomène tonique). En gros, elles sont représentées toutes les deux par une courbe en cloche. Certes, l'horaire du sommeil intervient sur ces courbes. On a déjà vu les décalages et les déformations qu'elles subissent quand on passe de la nuit au jour. Néanmoins, que les patterns d'occurrence des M.O. résistent qualitativement aux modifications d'horaires, constitue

1) Dans un article très récent, des chercheurs trouvent la même chose dans le sommeil des infirmières de nuit.

BRYDEN G. and HOLDSTOCK T L. : Effect of night duty on sleep patterns of nurses. *Psychophysiology* 10 (1) : 36-42 (1973).

un argument en faveur de la stabilité des enchaînements à l'intérieur du sommeil.

Les conclusions les plus nettes tirées de notre travail prouvent d'une part, la force de la logique interne du sommeil, mais permettent d'autre part une première évaluation globale des perturbations causées au sommeil quand on le déphase brusquement dans le temps. Les changements observés portent en particulier sur la durée du sommeil et l'organisation du SP. Nous allons les discuter maintenant.

B) Caractères du sommeil sensibles à l'horaire.

1) - La durée du sommeil.

Dans la population étudiée ici, la durée du sommeil est statistiquement inférieure à celle du sommeil nocturne. Bien que nos enregistrements aient été faits en laboratoire sur une population limitée, les durées mesurées sont cohérentes avec celles rapportées dans des études beaucoup plus larges menées par questionnaires (en particulier TUNE 1969, QUAAS 1969). Dans toutes ces études (la nôtre comprise), il serait intéressant de savoir ce qui revient à la pression de l'environnement (lumière, bruits extérieurs, activités du groupe social auquel on adhère, etc...). Il est certain que rien, dans la société industrielle citadine, ne joue en faveur des gens qui doivent dormir en dehors des heures nocturnes habituelles.

Il est quand même à noter que nos sujets, tous volontaires bien entendu, dormaient sans que leur

temps soit limité pour des raisons familiales ou autres (sauf ceux qui devaient embaucher entre minuit et 6 heures du matin). De plus, les conditions matérielles (bruits, lumière) de laboratoire étaient bonnes, et même jugées par plusieurs des sujets comme meilleures que celles régnant dans leur appartement. Ayant ainsi supprimé plusieurs conditions défavorables au sommeil diurne, nous avons pourtant trouvé des durées de sommeil diurne raccourcies par rapport à la moyenne nocturne des mêmes sujets.

Ce raccourcissement du sommeil ne peut pas être mis au compte uniquement des conditions matérielles défavorables. Une preuve d'un autre genre est fournie par des résultats relatifs aux vols transmériidiens rapides par avions à réaction (PRESTON et BATEMAN 1970) (Fig. 26). Les voyageurs soumis à ce type de transitions rapides se mettent à l'heure locale dès leur arrivée, c'est-à-dire qu'ils ne luttent pas contre les conditions extérieures. Cela signifie que leur nycthémère est allongé de 6 heures s'ils vont d'Europe aux Etats-Unis, ou raccourci d'autant si la traversée se fait dans l'autre sens. Ces conditions sont comparables à celles de la rotation de poste : le nycthémère dans les deux cas devient brusquement plus long ou plus court que 24 heures. Mais dans le second cas (vols transmériidiens), le sujet n'a pas à vaincre un déphasage par rapport au rythme de vie de la société qui l'entoure. Pourtant, la Fig. 26 montre que la durée du sommeil diminue quand le déphasage s'accroît, et qu'elle revient à la normale quand le déphasage approche de 24 heures.

C'est une preuve supplémentaire que la

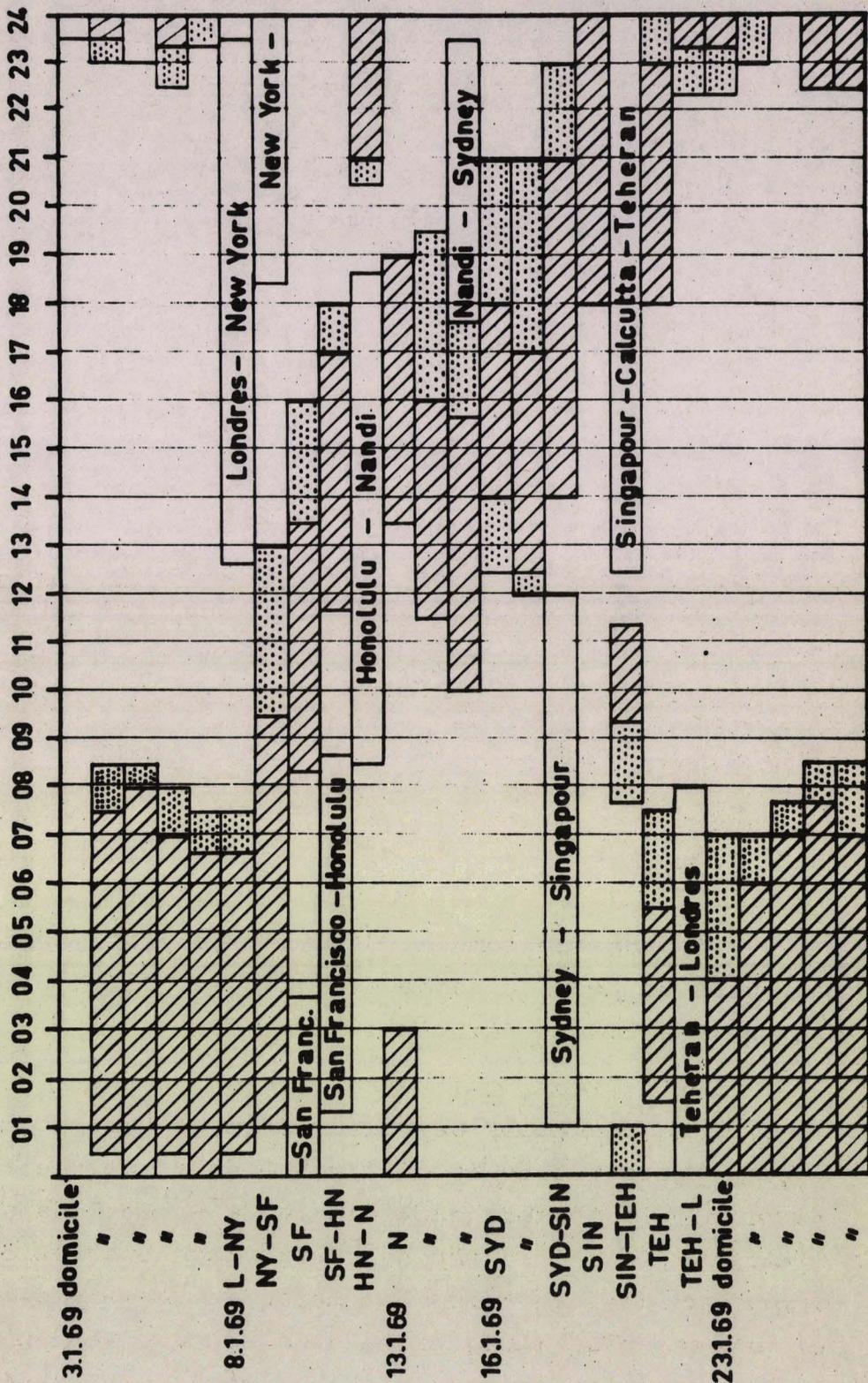
Fig. N° 26

Périodes de sommeil d'un pilote avant, pendant et après un tour du monde effectué en quelques jours (d'après PRESTON et BATEMAN 1970).

Cette figure qui représente un cas particulier et ne prétend pas avoir de valeur statistique, montre de façon spectaculaire la difficulté de situer de façon favorable la période quotidienne de sommeil dans le nyctémère quand on impose un décalage brusque et important dans le temps. La durée de sommeil diminue et devient plus irrégulière à mesure que le déphasage s'accroît. Mais le retour à la normale est quasi immédiat quand le déphasage atteint 24 heures.

□ vol
 ▨ repos éveillé
 ▩ sommeil

HEURE .GMT.



ALTERNANCE SOMMEIL/TRAVAIL AU COURS D'UN TOUR DU MONDE D'UN PILOTE
(d'après Preston et Bateman 1970)



diminution du temps de sommeil qui apparaît dans nos résultats doit être mis beaucoup moins au compte d'un déphasage par rapport à la vie extérieure qu'à un déphasage par rapport à la propre horloge interne des dormeurs.

On a vu aussi que la durée du sommeil diurne est négativement corrélée avec la durée de la veille précédente (Fig. 5. 1ère partie). Cela doit être rapproché des résultats de WEBB et FRIEDMANN (1969) et d'ASCHOFF (1970) qui se sont occupés, l'un chez l'homme privé de repères temporels (bunker), l'autre chez les rats, de la relation entre la durée de la veille et celle du sommeil qui lui succède. Ces auteurs ne trouvent absolument aucune relation positive entre ces deux grandeurs. Bien au contraire, chez l'homme dont toute l'activité physiologique est fortement marquée par l'influence circadienne, ASCHOFF met en évidence une corrélation négative très nette (Fig.27). Un autre indice est fourni par la répartition des durées de sommeil en fonction de l'heure du coucher (conducteurs de trains, Fig. 4.1ère partie). Cette corrélation fortement négative, elle aussi, ne se justifie pas entièrement par les durées de veille : les sujets qui se couchent le matin n'ont pas une durée de veille supérieure à la normale. La durée du sommeil diurne est donc en relation directe avec l'heure légale à laquelle il débute.

Les résultats exposés ici, les nôtres comme ceux de la bibliographie citée, se situent dans des situations physiologiquement plausibles.

Ils concernent des sommeils qui se sont déroulés à la suite des veilles, parfois supérieures à la normale, mais jamais énormes : ainsi nous n'avons

Fig. N° 27

Durée du temps de repos en fonction du temps d'activité consécutif (en bas) et précédent (en haut). Les mesures sont des moyennes faites sur un sujet vivant dans un bunker (d'après ASCHOFF 1970).

Dans la figure du bas, il n'apparaît aucune relation entre le temps d'activité et le temps de repos qui a précédé. Par contre, il existe une corrélation négative nette entre le temps d'activité et le temps de repos qui suit. Cela signifie que, plus l'activité a été longue, plus le repos qui la suit est court. De plus, ce résultat est obtenu chez des sujets pour qui la rythmicité circadienne n'est pas matérialisée physiquement puisqu'ils vivent seuls et isolés dans un bunker.

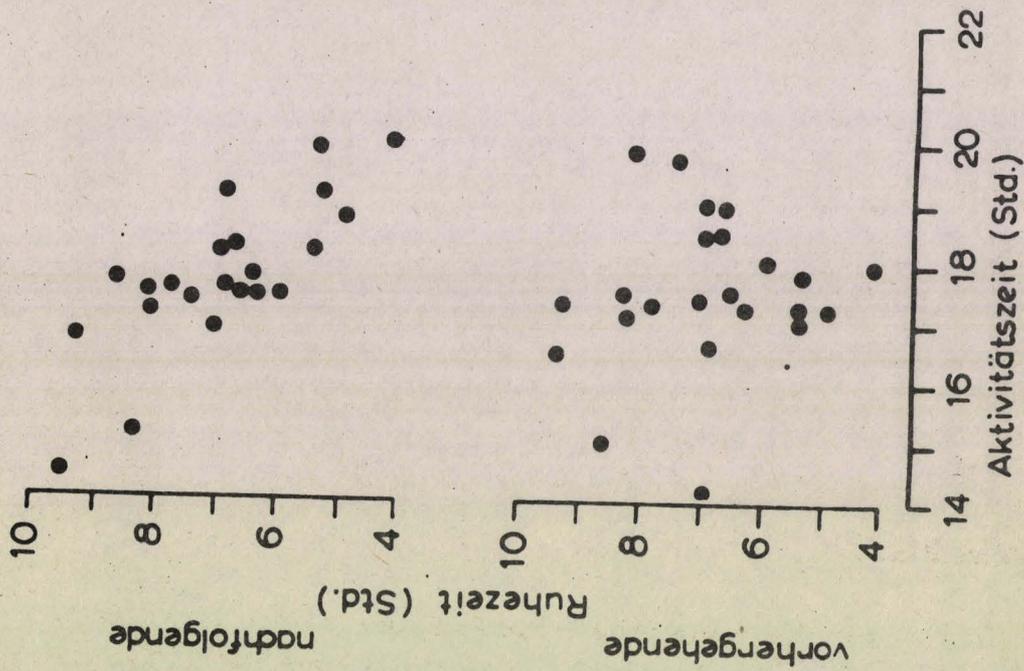


Abb. 12. Dauer der Ruhezeit als Funktion der nachfolgenden (unten) oder der vorhergehenden (oben) Aktivitätszeit. Meßwerte der autonomen circadianen Periodik einer Versuchsperson im Bunker.

d'après ASCHOFF (1970)

pas vu de sujets (sauf dans un cas) étant resté éveillé plus de 22 heures avant de se prêter à nos enregistrements. Nos conclusions ne prétendent donc pas être valables pour des situations où les sujets sont demeurés de deux à huit jours sans sommeil, comme la littérature en rapporte quelques cas (PASNAU et al 1968, NAITOH et al 1969). Il est possible que dans ces cas les besoins de récupération soient tels que des mécanismes physiologiques différents doivent être invoqués pour expliquer la durée des sommeils.

2) - Quantité globale des différents stades.

Les auteurs cités dans la première partie qui ont réalisé des expériences d'inversion aiguë d'horaires de sommeil (WEBB et al 1971, WEITZMANN et al 1970), reconnaissent globalement qu'il est impossible de mettre en évidence des différences entre sommeil nocturne et sommeil diurne si on utilise comme seul critère les quantités respectives de chaque stade de sommeil. Nos résultats ne concordent pas avec cette conclusion : puisque les sommeils de jour sont écourtés par rapport à la nuit, la différence doit forcément se retrouver dans les quantités respectives de stades. Effectivement, on trouve que la quantité totale de SP décroît alors que le SL reste pratiquement constant. Il est remarquable que ce même effet, SL constant et SP diminué se retrouve dans des modifications du sommeil de nature très différents, qu'elles soient spontanées ou artificielles. On peut citer :

- les études déjà citées sur petits et gros dormeurs,
- les expériences de privation partielle de sommeil. Dès la nuit qui suit la

première nuit écourtée, on constate une augmentation de la quantité relative de SL, bien qu'il n'y ait pas de déficit relatif en SL, bien au contraire, puisque ce sont les fins de nuit qui ont été écourtées. Cela est probablement dû à la tendance de l'organisme à "réaliser" une certaine quantité constante de SL, quelle que soit la durée totale au sommeil,

- le sommeil des maniacos-dépressifs (HARTMANN 1970), comme celui de certaines personnes qui ont des durées de sommeil très variables suivant les époques, montre des variations importantes dans la quantité de SP, selon la phase dans laquelle se trouve le sujet. Par contre, la quantité de SL paraît beaucoup moins variable, même dans des états où la quantité de SP devient anormalement faible.

Bien entendu, cela ne signifie pas que le SL soit un phénomène indépendant de facteurs dont on sait qu'ils influent de façon importante sur la structure du sommeil. En particulier, l'exercice physique intense accroît la quantité de SL consécutif (BAEKELAND and LASKY 1966). Encore plus nettement, l'âge est en relation inverse avec le besoin de SL qui décroît constamment à mesure que l'homme vieillit. Cela suggère que les quantités de SL doivent être mises en relation avec la dépense d'une certaine énergie biologique dont le niveau est modulé surtout par l'âge et le genre d'activité et assez peu par le profil psychologique des sujets.

Ainsi, il apparaît à travers la littérature la notion d'un besoin minimal en SL qui semble très constant d'après les études intra-individuelles et même interindividuelles. Cette constance se retrouve ainsi

dans nos résultats. Si l'on se réfère à la question qui est à la base de toute cette étude, "Que faut-il penser de la qualité du sommeil pris en dehors des heures habituelles ?", un premier élément de réponse peut être donc apporté : il semble bien que la situation faite aux sujets étudiés ici leur permet d'avoir ce sommeil obligatoire ("obligatory sleep"), pour reprendre l'expression de BAEKELAND et HARTMANN (1970). Cela revient à dire que le sommeil dont ils sont privés en dormant de jour peut être considéré comme du "sommeil facultatif", ou mieux, comme la part modulable du sommeil. La conclusion provisoire est donc, en simplifiant beaucoup, que nos sujets ne semblent pas avoir franchi le seuil en dessous duquel on pourrait parler dans leur cas de privations chroniques de sommeil. L'absence de signes de récupération dans le sommeil enregistré semble le confirmer.

3) - Evolution relative du SL et du SP dans le nycthémère.

On a déjà vu que, globalement, les évolutions du SL et du SP demeuraient les mêmes de jour comme de nuit. Néanmoins, la description très tranchée qui est possible la nuit : le SL dominant dans la première partie, puis le SP dans la seconde, devient moins nette le jour comme l'indique déjà WEBB (1971).

Cela est un indice que, pour compléter la description du sommeil diurne, il faut, à ce niveau, introduire la notion de rythme circadien. Considérons la Fig. 12 (1ère partie). Elle représente le pourcentage des différents stades de sommeil au cours de périodes de cinq heures de sommeil environ, mais commençant à

différents moments de la journée. Le SL et le SP évoluent d'une façon liée à l'heure légale, et nous avons avancé des explications qui permettent de justifier ces courbes.

Le SL.

Bien que sur la Fig. 12 soit représentée la quantité de SL en fonction de l'heure légale, on a vu qu'il ne pouvait pas s'agir simplement de l'évolution circadienne du SL : la courbe, en fait, traduit aussi et surtout les effets d'autres variables, ainsi qu'il l'a été précisé. Néanmoins, nous pensons que l'influence de l'heure légale, même si elle est masquée parce que secondaire, n'est pas négligeable. Sinon, comment expliquer le creux accusé par la courbe du SL quand le sommeil commence aux dernières heures de la nuit ? Les facteurs importants pour le SL, à savoir l'organisation interne du sommeil, le déficit en sommeil et la durée de la veille préalable n'expliquent pas pourquoi le SL serait moins important à durée égale quand on va se coucher tard. Cela doit être rapproché des courbes de WEBB (1971) qui montrent l'évolution du stade 4 à l'intérieur du sommeil diurne. La quantité de SL décroît bien avec le temps, mais la courbe est moins nette et plus aplatie que pendant un sommeil nocturne. Or cette déformation de la courbe ne peut être imputée au manque de sommeil ou à une veille anormalement prolongée, car ces deux facteurs tendent plutôt à accroître la pression en SL, donc à rendre son apparition plus hâtive. Il faut aussi écarter l'explication de la diminution du SL par une concurrence avec le SP. Absolument rien dans nos résultats (ni dans la littérature d'ailleurs) ne permet d'étayer une telle idée. Cette

concurrence d'ailleurs est peu plausible sur le plan physiologique. On a vu en effet que, sauf cas pathologiques (narcolepsie par exemple), on ne trouve jamais de SP qui ne soit précédé par une quantité suffisante de SL. En général, les plages de SL ne surviennent pas sans que s'intercale du SP. Si le SP est diminué ou même absent, cela provient d'une perturbation extérieure (bruit, température), d'une intervention pharmacologique, d'un état pathologique en général, ou d'une influence circadienne inhibitrice. Dans le cadre quasi intangible de la période de 90 mn, toute augmentation de la durée du SL paraît bien se faire aux dépens du stade 1 et surtout du stade 2. Mais jamais on ne constate une situation qui pourrait se décrire comme un "étouffement" du SP par le SL.

Ainsi, nous concluons que cette inflexion de la courbe du SL en fonction de l'heure du coucher doit être mise au compte d'une influence circadienne: la fin de nuit n'est pas propice au SL. Comme les durées de sommeil considérées sont assez courtes (environ 5 heures) et que le SL se développe lentement, la quantité totale de SL est inférieure à celle obtenue à d'autres heures de la journée.

Le SP.

Nos résultats et les études d'autres auteurs confirment l'importance de la régulation circadienne du SP. La quantité maximale est atteinte dans la seconde moitié de la nuit et le minimum se situe approximativement dans l'après-midi. On a relevé depuis longtemps la corrélation négative très forte entre la quantité de SP et la température centrale.

Sans établir bien entendu de relation causale entre elles, on doit noter la ressemblance frappante entre ces deux variables : non seulement la situation temporelle des extrêmes coïncide, mais les courbes nycthémérales des deux variables manifestent les mêmes difficultés et la même lenteur à se modifier quand on inverse artificiellement l'alternance veille/sommeil (COLQUHOUN 1971).

La Fig. 12, précédemment citée, représente donc beaucoup plus l'évolution circadienne du SP qu'elle ne représente celle du SL. On voit qu'à mesure que la nuit se termine, l'heure devient de moins en moins favorable à la formation du SP. Cela explique la contradiction : pour des sommeils commencés tard (après 8 heures par exemple), la logique interne voudrait que le SP se développe principalement encore plus tard, donc à des moments de moins en moins propices au SP. D'où le déficit en SP constaté chez les dormeurs de jour. Là se trouve peut-être la cause du raccourcissement généralisé des sommeils du matin : on pourrait parler d'un certain "essoufflement" de l'organisation interne dans sa lutte contre l'horaire défavorable.

On a schématisé dans la première partie l'évolution circadienne du SP par une courbe qui est, faute d'informations supplémentaires, à peu près sinusoïdale. En fait, si on a montré le caractère périodique du SP, rien ne prouve qu'il doive s'agir d'une sinusoïde. Des faits tendraient à soutenir l'idée contraire, en particulier, des chiffres obtenus sur ce que nous avons convenu d'appeler les fins de nuits. Ce sont des sommeils commencés après 1 heure du matin et qui incluent donc les dernières heures

de la nuit, et, en général, les premières heures de la matinée (5 à 8 heures). Dans ce cas, la proportion de SL augmente avec la durée du sommeil, ce qui est un résultat assez étonnant si l'on se rappelle ce qu'on a montré sur la permanence de l'organisation interne. L'explication doit sans doute être cherchée dans un changement brusque du facteur déterminant la composition du sommeil. Cela est compatible avec l'hypothèse que ces heures de fin de nuit soient une période où différentes fonctions circadiennes présenteraient des pentes raides, d'où une certaine brutalité dans les changements de composition du sommeil.

Une autre preuve est donnée par WEVER (1968) (Fig. 28) : pour prouver que les oscillations circadiennes observées dans l'organisme humain sont en réalité les résultantes d'un système multi-oscillatoire, il montre la différence entre la courbe de température centrale d'un même sujet, d'une part au cours d'une expérience de libre-cours (sa période spontanée est 25,3 h.), d'autre part normalement accordé sur une période de 24 heures. Dans le premier cas, la température se répartit selon une vraie sinusoïde. Mais dans des circonstances réelles de vie (second cas), la courbe devient une sinusoïde déformée avec une montée douce et une décroissance plus abrupte.

Il ne nous est pas possible de confirmer de manière irréfutable cette hypothèse en ce qui concerne les variations circadiennes des facteurs intervenant dans le sommeil. Il faudrait pour cela avoir étudié en synchronie d'autres fonctions dont on sait la sensibilité à la rythmicité circadienne,

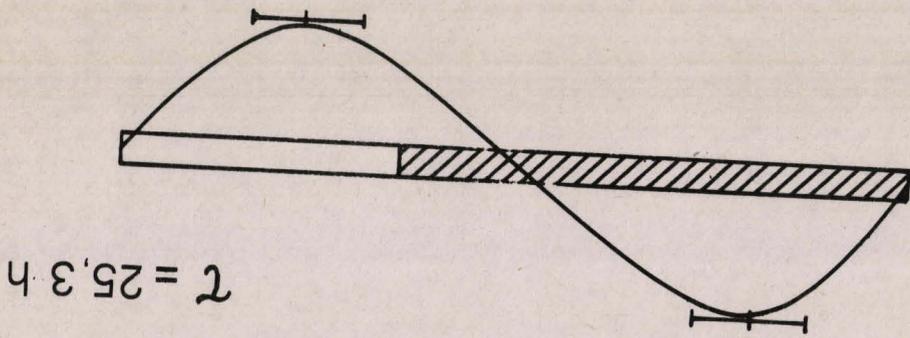
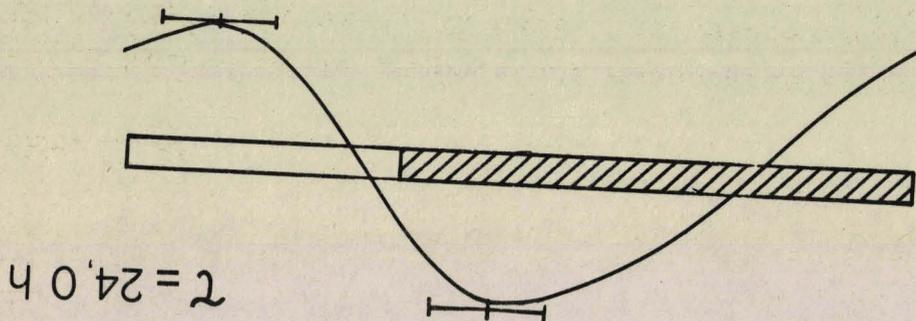
Fig. N° 28

Rythme de la température corporelle en fonction du rythme d'activité. En haut, les mesures sont faites dans un environnement constant (libre-cours), en bas sous l'influence d'un synchroniseur de 24 h. (d'après WEVER 1968).

On remarque que, comme dans de nombreuses autres expériences, la périodicité circadienne a été exactement ajustée sur la valeur : 24 heures par le synchroniseur : mais cet ajustement a été fait au détriment du caractère sinusoïdal de la variation. Celle-ci, dans les conditions réelles (courbes du bas) reste périodique mais non sinusoïdale.

VARIATION DE LA TEMPERATURE CORPORELLE d'après WEVER (1968)

□ periode d'activité
▨ periode de sommeil



en particulier la température corporelle, ce qui nous a été matériellement impossible.

III - EVENEMENTS PHASIQUES ET EVENEMENTS TONIQUES.

Outre la durée du SP, nous avons utilisé un critère qui prend en compte l'aspect phasique du SP: Les mouvements oculaires (M.O.). Globalement considérée, l'évolution des phénomènes phasiques ressemble à celle des phénomènes toniques le jour comme la nuit : toutes les courbes présentent la même allure en cloche. Il vaut pourtant la peine de considérer plus en détail le décalage qui existe entre elles.

On voit (BENOIT et al, en préparation) que, dans des sommeils nocturnes, les phénomènes toniques sont en avance sur les phénomènes phasiques. Cela signifie que, dans le sommeil nocturne, les premiers SP sont pauvres en M.O. et qu'ils s'enrichissent ensuite à mesure que la latence s'allonge. Ce résultat ne semble pas demeurer valable pour les sommeils diurnes que nous avons étudiés.

Les durées (toniques) diurnes et nocturnes ont une évolution significativement non différente. La courbe diurne présente seulement un aspect plus aplati, avec un maximum moins bien défini, que la courbe nocturne. Cela est compatible avec ce que l'on sait de la déformation de toutes les courbes de fonctions circadiennes, quand on inverse l'alternance nuit/jour. Néanmoins, les droites de régression ajustées sur les portions ascendantes et descendantes ne montrent pas de différences significatives.

La courbe du nombre de M.O. diurne est, par contre, très en avance sur celles des M.O. nocturnes. Si leurs portions décroissantes sont identiques, le maximum est atteint beaucoup plus tôt le jour. Comme par ailleurs, les durées du SP sont globalement plus courtes le jour, la courbe de fréquence des M.O. diurnes, même si son évolution n'est pas très claire, se situe constamment au dessus de la courbe nocturne. Cela explique aussi que la relation trouvée précédemment pour la nuit s'inverse. Les événements phasiques apparaissent en avance sur les événements toniques.

Pour comparer le sommeil de jour et le sommeil de nuit, nous avons considéré le déplacement du SP à l'intérieur du sommeil. Maintenant, il s'agit du déplacement des M.O. à l'intérieur des plages de SP. On trouve que la logique qui préside à la répartition de M.O. dans les SP est gauchie par le changement qu'on impose aux horaires de sommeil.

Nous avons montré que l'influence de l'heure légale jouait plus sur le SP que sur le S non P. Il apparaît maintenant, que, à l'intérieur du SP, l'influence de l'heure, c'est-à-dire des rythmes circadiens, se fait plus particulièrement sentir sur les phénomènes phasiques.

En conclusion, il apparaît qu'une des causes profondes des modifications apportées au sommeil par l'inversion veille/sommeil est la force de la liaison existant entre SP et heure légale. Plus exactement, les changements proviennent de ce que le SP et le S non P sont influencés par des facteurs différents et avec des intensités différentes. En particulier, l'influence

circadienne ne semble pas prépondérante dans la détermination du SL. D'où un déséquilibre quand on impose aux sujets de dormir à d'autres moments que leurs heures habituelles. Cette forte liaison entre quantité de SP et l'heure légale, avec, corrélativement, la difficulté qu'il a à se produire à d'autres heures qu'à celles qui lui sont habituelles, est sans doute à la base du raccourcissement relatif du sommeil diurne.

Néanmoins, le problème reste entier de déterminer pourquoi cette sensibilité du SP aux variations circadiennes. Bien que notre travail n'apporte pas d'arguments décisifs dans ce domaine, on peut avancer l'idée que le SP, phénomène bien défini sur le plan phénoménologique, est en réalité la résultante de plusieurs mécanismes qui sont sous la dépendance de plusieurs systèmes monoaminergiques. Toutes ces manifestations sont sans doute plus ou moins liées entre elles de façon causale. Néanmoins, nous l'avons montré sur le cas particulier des M.O., chacune d'elles peut être soumise à un rythme de période circadienne. Si le SP est un phénomène multi-oscillatoire, on comprend mieux sa "fragilité" par la probabilité d'une désynchronisation non seulement absolue de chaque composante, mais aussi relative l'une par rapport à l'autre.

A l'image de l'organisme tout entier en face des rythmes, des troubles dus à la désynchronisation relative des différentes fonctions surviennent (ASCHOFF 1970) si on les déphase. Un temps qui peut être très long est nécessaire pour que toutes les fonctions sans exception se resynchronisent sur les nouveaux "zeitgebers" (ou synchroniseurs). Dans la pratique, on

constate deux faits liés entre eux :

1° - A cause de l'inertie des variations circadiennes, on ne trouve pratiquement jamais d'adaptation complète des fonctions physiologiques à l'inversion des rythmes. La courbe de température corporelle de travailleurs par postes alternants ne s'inverse jamais complètement (COLQUHOUN 1971), elle tend tout au plus à s'aplatir, même pour des périodes de rotation assez longues (2 semaines).

2° - Si la resynchronisation de toutes les fonctions après une désynchronisation artificielle peut exiger un long délai, le retour à l'ancienne situation d'équilibre se fait très rapidement. Pratiquement, cela arrive très souvent : à chaque repos ou vacances, les sujets reprennent leur rythme normal, c'est-à-dire qu'ils dorment la nuit. Donc, même s'il y avait début d'adaptation, ils doivent recommencer à zéro un nouveau cycle d'adaptation. On peut supposer que ces variations brusques dans un sens puis dans l'autre provoquent des perturbations physiologiquement coûteuses.

D'autres recherches concernant le sommeil de l'enfant apportent des preuves du caractère composite du sommeil et plus particulièrement du SP. HELLBRÜGGE (1968) fait la revue du temps de maturation nécessaire chez le nouveau-né à l'apparition des diverses fonctions périodiques. Celles-ci se stabilisent à des niveaux ontogéniques différents, certaines nécessitant une maturation plus longue que d'autres. LEYGONIE (en préparation) étudie l'évolution des caractères polygraphiques (mouvements, M.O., tonus musculaire, etc..)

des SP successifs au cours du sommeil. Lors du premier cycle, au moment où une plage de SP devrait survenir, il apparaît parfois des SP ébauchés, c'est-à-dire qu'il manque certains caractères nécessaires à la définition habituelle du SP. A mesure que les cycles se déroulent, les SP acquièrent tous leurs caractères, sans doute parce que l'heure légale et l'organisation interne deviennent simultanément plus favorables à la survenue du SP.

Ces deux études apportent donc des indices du caractère hétérogène du SP et par là même, expliquent que le SP soit la partie du sommeil la plus sensible aux perturbations.

En guise de conclusion, il faut tenter de faire face au problème tel qu'on nous le posait au début : peut-on apporter des arguments physiologiques qui expliquent l'ensemble de plaintes relatives au travail à des horaires changeants ?

Bien entendu, les causes profondes sont, pour une part importante, la mauvaise qualité de la vie de relation qu'imposent les horaires de vie décalés. Comme les infra-structures sociales ont toutes été bâties en accord avec les rythmes biologiques des hommes, rien n'a été fait matériellement pour aider ceux qui ont à vivre (et en particulier à dormir) en dehors des heures habituelles. En un mot, dormir le jour représente pour la majorité des gens qui y sont obligés, la situation qui accumule le maximum d'inconvénients de toutes sortes.

Ces constatations, quoique banales, sont indiscutables, et il serait malvenu de se lancer

dans des explications trop théoriques sur la mauvaise qualité de sommeil d'un travailleur de nuit, alors qu'il est simplement gêné par le bruit qui règne dans son appartement.

Pourtant, il nous semble possible de donner une opinion physiologiquement fondée sur la qualité du sommeil des travailleurs à horaires alternants. Il apparaît que, dans le cas des sujets qui nous ont occupé, on ne soit pas descendu en dessous d'une quantité de sommeil minimale, et peut-être s'agit-il précisément de ce "sommeil obligatoire" (BAEKELAND et HARTMANN 1970) amputé d'une partie du SP, diminué d'une part importante des stades intermédiaires 1 et 2 par rapport au sommeil nocturne mais ayant conservé pratiquement la même quantité de SL. Ce qui nous permet d'avancer cela est le fait que nous n'avons jamais trouvé quelque chose qui ressemblait à un rebond (rebound) de SL, signe qu'il existerait une situation de déficit de sommeil.

Certes, une objection s'impose tout de suite : s'il n'y a pas de rebond de SL perceptible, c'est peut-être que la situation le rend impossible. Il paraît très difficile de trancher entre les deux explications : le rebond ne se produit pas parce qu'il est impossible ou bien, parce qu'il est inutile. Un argument semble être, comme l'a montré LILLE (1967), que le sommeil des week-ends et des périodes de repos est significativement allongé par rapport aux sommeils diurnes. Mais là, on peut élever une autre objection : ces sommeils de récupération sont toujours des sommeils nocturnes, dont la quantité ne peut pas être comparée sans précaution avec celle du sommeil diurne.

Plus important semble être le fait qu'on n'observe pas de rebond à l'intérieur du sommeil diurne, alors qu'on a vu la force avec laquelle le besoin en SL peut se manifester, si vraiment il y a déficit en SL. Comme il a déjà été dit, on observe une modification globale du sommeil diurne par rapport au sommeil nocturne qui ressemble à la différence de composition entre sommeil de petit dormeur et sommeil de gros dormeur. Cette limite inférieure correspond probablement aux chiffres trouvés dans des expériences de privation de sommeil (WILKINSON 1969). On ne trouve pas de détérioration significative de la performance pourvu qu'on laisse aux sujets de 3 à 5 heures de sommeil, ce qui correspond pratiquement à une non-privation de SL. Bien entendu, le problème de la performance, dans l'article cité, se présente de façon tout à fait différente que dans notre étude, puisqu'il n'y a pas à tenir compte d'un décalage horaire.

De toutes façons, l'origine des plaintes n'est pas en liaison immédiate avec une détérioration du sommeil mesurable objectivement. Mais elle est sûrement corrélée avec l'impression subjective d'avoir bien ou mal dormi. Le problème est donc de savoir si cette impression peut être mise en relation avec des caractéristiques objectives du sommeil. Sur ce point, la littérature fournit quelques résultats intéressants: LEWIS (1969) qui a fait une comparaison des données objectives (EEG) avec l'estimation subjective des dormeurs, trouve une sous-estimation du temps total de sommeil, mais une surestimation de la latence d'endormissement et du nombre de réveils.

Si BAEKELAND et HOY (1971) ne trouvent pas

de relation entre l'opinion des dormeurs et les stades de profondeur enregistrés, HARTMANN (1970) affirme que le sentiment de se sentir bien le matin est corrélé positivement avec la quantité de SP survenue au-dessus de la quantité moyenne de SP.

1°) - Ce résultat de HARTMANN nous permet d'avancer une première conclusion : parce que les sujets étudiés ont un déficit en SP, ils souffrent d'avoir sommeil pendant le temps d'activité.

La durée du SP est fortement corrélée à la longueur du sommeil. Sur ce point, nous devons signaler notre désaccord avec les conclusions de JOUVET (1972). Il affirme que la durée du SP est directement en relation avec la durée de la veille précédente; une minute de SP correspond à 10 minutes de veille. A notre avis, une telle relation impliquerait que la durée du sommeil soit liée positivement à la durée de la veille précédente. Nous avons vu qu'il n'en était rien. Peut-être ce résultat est-il néanmoins valable dans les cas de longue privation de sommeil capable d'induire un besoin de SP très intense. La durée du sommeil et celle du SP se trouvant être sous le contrôle de la rythmicité circadienne, on comprend que le dormeur diurne fasse moins de sommeil et moins de SP que sa moyenne personnelle. Là sans doute se trouve une des causes des plaintes des travailleurs de nuit : l'impression d'avoir plus sommeil et d'être plus fatigué que pendant les périodes de travail diurne.

2°) - Cette première constatation s'apparentait aux effets d'une certaine privation sélective de sommeil. Il semble bien qu'une part

importante des difficultés ressenties par les travailleurs à horaires irréguliers provient non plus du sommeil lui-même, mais des perturbations de système de veille.

Pour éclairer cette situation, citons MOURET et al (1972) qui traitent des insomnies.

On peut classer les causes de l'insomnie en deux grandes catégories très différentes, même si, en apparence, les insomnies ne se distinguent pas facilement les unes des autres.

a) - Celles qui sont dues à un hyperfonctionnement du système d'éveil (90 à 95 % des insomnies, semble-t-il). Cela correspond à une augmentation du taux de renouvellement ("turn over") des catécholamines centrales. La preuve que le système du sommeil (sérotoninergique) est intact, est qu'on peut guérir cette insomnie, non en s'attaquant au sommeil, mais en utilisant des tranquillisants dans la journée : le système d'éveil (noradrénergique) accéléré par les agressions de l'existence diurne, se calme ainsi et en général, le cycle veille/sommeil se régularise.

b) - Celles qui sont dues à un hypofonctionnement du système de sommeil. Les causes de cet hypofonctionnement sont, en général, plus sérieuses que dans le cas précédent : lésions, déséquilibres chimiques graves, mais elles se ramènent toutes à une diminution du turn-over de sérotonine cérébrale.

Cette utilisation de données du domaine

biochimique montre de façon très nette le caractère respectif des systèmes qui commandent le sommeil et la veille. Il faut ajouter que le système commandant le SP est, comme le système d'éveil, un système catécholaminergique. Si un de ces systèmes est modifié, (expérimentalement ou à la suite d'une maladie), tout l'équilibre du système veille/sommeil est perturbé. On comprend donc que réciproquement, si on altère d'une façon artificielle la veille ou le sommeil (durée, emplacement dans le nyctémère), on déséquilibre le fonctionnement neurochimique de l'ensemble. Comme le système d'éveil et celui du SL, ont des fonctionnements qu'on peut qualifier d'antagonistes, on va provoquer un déséquilibre qui retentira sur les activités pendant l'éveil et sur le déroulement du sommeil.

C'est bien ce que montrent les études sur les variations circadiennes de certaines fonctions physiologiques et psychophysiologiques (COLQUHOUN, déjà cité). Les courbes de la température centrale et de la performance à des épreuves d'efficacité mentale sont bien corrélées pour des dormeurs de nuit. Après une inversion de l'alternance veille/sommeil, les courbes deviennent beaucoup plus imprécises, et la liaison entre elles moins nette. Cela traduit que le déséquilibre entre les systèmes de veille et de sommeil nécessite un certain temps pour se dissiper. La diminution ou même la disparition de l'écart entre le maximum et le minimum des fonctions, (températures en particulier) semble donc bien être liée à un fonctionnement perturbé de l'ensemble des systèmes veille/sommeil.

Une preuve complémentaire est apportée

par MONROE (1967). Celui-ci trouve que des mauvais dormeurs présentent une amplitude entre extrêmes quotidiens de température plus faible que celle de bons dormeurs. Ce fait s'expliquerait si l'on considère que l'aplatissement des courbes de température traduit une mauvaise synchronisation des fonctions circadiennes entre elles. Cela confirmerait notre explication du mauvais sommeil par des perturbations de certains rythmes biologiques. On savait que le fonctionnement de l'organisme humain est modulé par des "horloges" internes. Nous avons eu un exemple de ce qui arrive quand on déphase artificiellement toutes les fonctions ensemble. Mais notre étude centrée sur le sommeil a fait apparaître que, pour étudier les effets des inversions de rythmes de vie, il faudrait étudier simultanément les variations de plusieurs variables physiologiques, et cela, sur tout le nycthémère.

Dans la perspective probable d'une extension du travail en continu, c'est-à-dire du travail de nuit, nos conclusions globales sont plutôt pessimistes : l'homme a dans son héritage génétique des périodicités qui font que c'est la nuit qu'il dort le mieux et le jour qu'il est le mieux éveillé.

S'opposer à ces rythmes provoque les perturbations dont nous avons vu des exemples. S'il faut absolument le faire, souhaitons au moins que ce soit avec prudence, et après avoir tenté une synthèse des connaissances actuellement bien fragmentaire sur le comportement des rythmes physiologiques humains.

BIBLIOGRAPHIE

- AANONSEN A. Medical problems of shift work.
Industrial Medicine and Surgery (Oslo),
28 : 422-427 (1959)
- ANDLAUER P. et METZ B. Le travail en équipes alternantes
in J. SCHERRER (Ed.) : Physiologie du
Travail - Ergonomie pp. 272-281 - Paris,
Masson et Cie (1967)
- ASCHOFF J. Circadiane Periodik als Grundlage des Schlaf-
Wach-Rythmus in W. BAUST (Ed.) : Ermüdung,
Schlaf und Traum pp. 59-98 Stuttgart,
Wissenschaftliche Verlag, G.m.b.h. (1970)
- ASERINSKY E. The maximal capacity for sleep rapid eye
movement density as an index of sleep
satiety. Biological Psychiatry 1, :
147 - 159 (1969)
- ASERINSKY E. Rapid eye movement density and pattern in
the sleep of normal young adults
Psychophysiology 8 (3) : 361-375 (1971)
- BAEKELAND F. and HARTMANN E. The need for sleep in E.
HARTMANN (Ed.) : Sleep and dreaming, pp.33-43
Boston : Little, Brown (1970)
- BAEKELAND F. and HOY P. Reported versus recorded sleep
characteristics Arch. Gen. Psychiatr. 24:
548-551 (1971)

- BAEKELAND F. and LASKY R. Exercise and sleep patterns in college athletes. *Percept. Motor Skills* 23 : 1203-1207 (1966)
- BEGOIN J. La névrose des téléphonistes et des mécanographes. Thèse - Paris (1957)
- BJERNER B., HOLM A., und SWENSSON A. Schichtarbeit und Rhythmus. *Acta Medica Scandinavica* (Stockholm) Suppl. N° 278 pp 102-107 (1953)
- BLAKE M.J.F. Temperament and time of day in W.P.COLQUHOUN (Ed.) : *Biological rhythms and human performance*, pp. 109-148, London, Academic Press (1971)
- BLATT S.J. and QUINLAN D.M. The psychological effects of rapid shifts in temporal referents in J.T. FRASER, F.C. HABER, G.H. MULLER (Ed.) : *The study of time*, pp. 506-522, Springer Verlag - Berlin (1972)
- COLQUHOUN W.P. (Ed.) *Biological rhythms and human performance*. Acad. Press, London, 283 p. (1971)
- COLQUHOUN W.P. Circadian variations in mental efficiency in W.P. COLQUHOUN (Ed.) : *Biological rhythms and human performance*, pp. 39-108, London and New-York, Academic Press (1971)
- CONROY R.T. and MILLS J.N. *Human circadian rhythms*, 236 p., London, Churchill (1970)

- EPHRON H.S. and CARRINGTON P. On the functions of the sleep phases in E. HARTMANN (Ed.) : Sleep and dreaming, Boston, Little, Brown and C°, pp. 269-277 (1970)
- FEINBERG I. Effects of age on human sleep patterns in A. KALES (Ed.) Sleep physiology and pathology pp. 39-52, Philadelphia J.B. Lippincott C° (1969)
- FERGUSON J., HENRIKSEN S., Mc GARR K., BELENKY G., MITCHELL G., GONDA W., COHEN H. and DEMENT W. Phasic event deprivation in the cat. Psychophysiology 5 : 238-239 (1968)
- GLOBUS G.G., PHOEBUS E.C. and BOYD R. Temporal organization of night worker's sleep Aersp. Med. 43 (3) : 266-268 (1972)
- GROSSER G.S. and SIEGAL A.W. Emergence of a tonic-phasic model for sleep and dreaming Psychol. Bull. 75 (1) : 60-72 (1971)
- HARTMANN E. What sleep is good sleep ? in E. HARTMANN (Ed.) : Sleep and dreaming, pp. 59-69 Boston, Little, Brown (1970)
- HARTMANN E. Function of sleep. Paper read at Würzburg (1971)
- HARTMANN E. BAEKELAND F., ZWILLING G. and HOY P. Sleep need: how much sleep and what kind Amer. J. Psychiatr. 127 : 1001-1008 (1971)
- HELLBRUGGE T. Ontogenèse des rythmes circadiens chez l'enfant in J. DE AJURIAGUERRA (Ed.) : Cycles biologiques et psychiatrie, pp. 159-183, Genève, Georg et Cie (1968)

- JEANNEROD M. Organisation de l'activité électrique phasique du sommeil paradoxal. Etude électrophysiologique et neuropharmacologique. Thèse de Médecine Lyon - LMD Ed. 90 p. (1965)
- JOUVET M. The role of monoamines and acetylcholine-containing neurons in the regulation on the sleep-waking cycle in "Ergebnisse der Physiologie" 64, : 166-274 - Berlin Heidelberg - New-York - Springer-Verlag (1972)
- KALES A., WILSON T., KALES J.D., JACOBSON A., PAULSON M.J., KOLLAR E., and WALTER R.D. All-night sleep measurements in normal elderly subjects; effects of aging J.Amer. Geriat. Soc. 15, : 404-414 (1967)
- KRIPKE D.F., COOK B and LEWIS O.F. Sleep of night workers: EEG recordings Psychophysiology 7, (3) : 377-384 (1971)
- LEWIS S.A. Subjective estimates of sleep : an EEG evaluation Br. J. Psychol. 60 : 203-208 (1969)
- LILLE F. Le sommeil de jour d'un groupe de travailleurs de nuit. Le Travail Humain 30, : 85-97 (1967)
- MAURICE M. Le travail par équipes, 158 p., Genève, Bureau International du Travail (1971)
- MILLS J.N. Sleeping habits during four months in solitude J. Physiol. 189 : 30-31 (1967)
- MOLINARI S. and FOULKES D. Tonic and phasic events during sleep; psychological correlates and implications Percept. and Motor Skills 29 : 343-368 (1969)

- MONROE L.J. Psychological and physiological differences between good and poor sleepers J. Abnorm. Physiol. 72 : 255-264 (1967)
- MORUZZI G. Active processes in the brain stem during sleep In The Harvey lectures - Séries 58, : 233-297, New-York Academic Press (1963)
- MORUZZI G. Sleep and instinctive behavior Arch. Ital. Biol. 107 : 175-216 (1969)
- MOURET J.R., RENAUD B., QUENIN P., MICHELL D. et SCHOTT. B. Monoamines et régulation de la vigilance : 1. Apport et interprétation biochimique des données polygraphiques in P. GIRARD et R. COUTEAUX (Ed.) : les médiateurs chimiques 139-155, Paris, Masson et C° (1972)
- NAITOH P., KALES A., KOLLAR E.J., SMITH J.C. and JACOBSON A. Electroencephalographic activity after prolonged sleep loss. Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 27 : 2-11 (1969)
- ÖSTERG O. Interindividual differences in circadian fatigue patterns of shift workers Paper presented to the 4th Scandinavian Conference on Ergonomics, October 5-6, Helsinki, Finlande (1972)
- PARMELEE A.H. and STERN E. Development of states in infants in CLEMENTE, PURPURA, MAYER (Ed.) : Sleep and maturing nervous system, : 199-228, Academic Press - New-York (1972)



- PASNAU R.O., NAITOH P., STIER S., and KOLLAR E.J.
The psychological effects of 205 hours
of sleep deprivation. Arch. Gen. Psychiatr.
18 : 496-505 (1968)
- PASSOUANT P. Physiopathologie du sommeil rapide.
Psychol. Med., 4, 3, : 439-448 (1972)
- PASSOUANT P., POPOVICIU L., VELOK G. et BALDY-MOULINIER
M.
Etude polygraphique des marcolepsies au
cours du nyctémère. Rev. Neurol. 118 :
431-441 (1968)
- PRESTON F.S. and BATEMAN S.C. Effect of time-zone
changes on sleep patterns. Aerosp. Med.
41 (12) : 1409-1415 (1970)
- QUAAS M. Probleme der Adaptation, Leistungsfähigkeit
und Organisation der Schichtarbeit in der
DDR. in A. SWENSSON (Ed.) Night and
Shiftwork, : 112-123, Stockholm, Institute
of Occupational Health (1969)
- RECHTSCHAFFEN A. and KALES A. (Ed.) A manual of
standardized terminology, techniques and
scoring system for sleep stages of human
subjects. Public. Health Service,
Government Printing Off. Washington D.C.
(1968)
- SIMON R.P. and BROOKS D.C. The role of the raphe nuclei
in the regulation of PGO wave activity
First European Congress of Sleep Research,
Bâle (1972)

THIIS-EVENSEN E. Shift work and health .Industr.
Medicine (Chicago), XXVII : 493-
497 (1958)

THIIS-EVENSEN E. Shift work and health in "On night
and shift work", ed. by A. Swensson,
Stockholm 81-83 (1969)

THOMAS J., HOUZEL D., PAROT S., BENOIT O., LILLE F.,
KUJAS M. et CHATAIGNIER C. Evolution de la fréquence
des mouvements oculaires au cours des
PMO chez l'homme normal. Rev. Neurol.
122 : 523-524 (1970)

TUNE G.S. Sleep and wakefulness in 509 normal
human adults Brit. J. Med. Psychol.
42 : 75-80 (1969 a)

TUNE G.S. Sleep and wakefulness in a group of
shiftworkers Brit. J. Indust. Med.
26 : 54-58 (1969 b)

URSIN R. Sleep stage relations within the sleep
cycles of the cat. Brain Res. 19 :
91-99 (1970)

VERDONE P. Sleep satiation : extended sleep in
normal subjects Electroencephalog.
Clin. Neurophysiol. 24 : 417-423 (1968)

WEBB W.B. Sleep behavior as a biorhythm in
"Biological rhythms and human performance"
W.P. Colquhoun ed. : 149-178, London
Academic Press (1971)

- WEBB W.B. and AGNEW H.W. Sleep cycling within 24 hour periods J. of Exp. Psychol. 74 (2) : 158-160 (1967)
- WEBB W.B. and AGNEW H.W. Sleep stages characteristics of long and short sleepers Science 168 : 146-147 (1970)
- WEBB W.B. and AGNEW H.W. Variables associated with split period sleep regimes Aerospace Med. 42 (8) : 847-850 (1971)
- WEBB W.B., AGNEW H.W. and WILLIAMS R.L. Effect on sleep of a sleep period time displacement Aerosp. Med. 42 (2) : 152-155 (1971)
- WEBB W.B. and FRIEDMANN J.K. Length of sleep and length of waking interrelations in the rat Psych. Sc. 17 : 14-15 (1969)
- WEITZMANN E.D., KRIPKE D.F., GOLDMACHER D., Mc GREGOR P. and NOGEIRE C. Acute reversal of the sleep-working cycle in man Arch. Neurol. 22 : 483-489 (1970)
- WEVER R. Mathematical models of circadian rhythms and their applicability to men in J. DE AJURIAGUERRA (Ed.) : Cycles biologiques et psychiatrie, : 61-72, Genève, Georg et C° (1968)
- WILKINSON R.T. Sleep deprivation : performance tests for partial and selective sleep deprivation in "Progress in clinical psychology" L.A. Abt et B.F. Press Ed., : 8,28-43, New-York-Grune and Stratton.

WILLIAMS R.L., AGNEW H.W. and WEBB W.B. . Sleep patterns
in young adults : an EEG study
Electroenceph. Clin. Neurophysiol. : 17,
376-381 (1964)

WYATT S. and MARRIOTT R. Night work and shift changes
Brit. J. Industr. Med. 10, 164-172 (1953)



WILLIAMS R.D., ADKINS R.W. and WESS W.B. Sleep patterns
in young males: an EEG study
Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 17,
375-382 (1964)

WATT S. and HARRISON S. Night work and shift changes
Brit. J. Indust. Med. 10, 154-172 (1953)

