



DIXIEME ANNEE

LES
CAHIERS
SCIENTIFIQUES
D'ÉDUCATION PHYSIQUE

DÉCEMBRE 1970

LES CAHIERS SCIENTIFIQUES *d'Education Physique*

ORGANE TRIMESTRIEL DE LA SOCIÉTÉ DES PROFESSEURS D'ÉDUCATION PHYSIQUE - MÉDECINS

S O M M A I R E

Les effets physiologiques de l'entraînement intermittent,

par Annie FRANCESCHI-VEYSSIÈRE, Marcel GASTAUD et Jean-Louis ARDISSON.

La socialisation de l'enfant au cours de la scolarité élémentaire.

Analyse du jeu.

L'adaptation physiologique à la plongée profonde en apnée,

par le Docteur GUILLERM.

M E M B R E S

DE LA

SOCIÉTÉ DES PROFESSEURS D'ÉDUCATION PHYSIQUE - MÉDECINS

ALLEMANDOU,	45, avenue de Sceaux — 78 - VERSAILLES.
ASSAILLY,	Résidence Sully, 3, avenue Molière — 78 - MAISONS-LAFFITTE.
AZEMAR,	11, rue de la Monesse — 92 - CHAVILLE.
BAYOURTHE	32, rue des Lois — 31 - TOULOUSE.
BOUTINES,	63 - BOISSÉJOUR par CEYRAT.
CHRESTIAN,	95, rue Saint-Jacques — 13 - MARSEILLE (6 ^e).
CORTOT,	63, rue Dépe — 33 - BORDEAUX-CAUDÉLAN.
* GABILLER,	4, rue de la Métairie — 67 - STRASBOURG - Montagne Verte.
HAURE,	30, rue Louis-Blanc — 33 - TALENCE.
LE BOULCH,	16, rue de la Gare — 35 - DINARD.
LEON,	3, rue Albert-Joly — 78 - LE VÉSINET.
LEPAPE,	7, rue Vicat — 38 - GRENOBLE.
MACORIGH,	Bât. 1, Cité Verte — 94 - SUCY-EN-BRIE.
MONTEIX,	6, rue Saint-Bernard — 83 - HYÈRES.
PLOQUIN,	35, rue Raymond-Bordier — 33 - BORDEAUX-CAUDÉLAN.
† PROCEL,	39 bis, rue Walter-Poupot — 33 - BORDEAUX.
SARDINA,	23, boulevard Gambetta — 38 - GRENOBLE.
SIMÉON	31 - TOULOUSE.
WINTREBERT,	20, rue A.-Bollier — 94 - SAINT-MAUR-DES-FOSSÉS.

* N'a pas encore soutenu sa thèse.

LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES DE L'ENTRAÎNEMENT INTERMITTENT

par Annie FRANCESCHI-VEYSSIÈRE, Marcel GASTAUD et Jean-Louis ARDISSON

Durant ces vingt dernières années, l'*intervall-training* s'est imposé dans différentes activités sportives, avec des modalités appropriées dans son exécution technique. Son efficacité reste pourtant plus particulière dans les courses de fond et de demi-fond.

Définie comme « une alternance de séquences d'activité d'intensité calculée, compensées par des temps de repos également calculés (1, 2), cette méthode moderne implique, pour Wilt (28), « de parcourir répétitivement une distance donnée à une vitesse déterminée au préalable et de respecter un intervalle de pause spécifique après chaque course afin de récupérer entre chaque parcours (marche ou trot) ». L'effort ne consiste donc pas en une sollicitation continue sur une distance assez longue, mais en plusieurs sollicitations sur de courtes distances, avec des intervalles de repos intercalés, eux aussi de courte durée. Nous préférons, dans ces conditions, la nommer entraînement intermittent (7), car l'alternance porte aussi bien sur les charges que sur les pauses.

L'histoire de l'entraînement intermittent, né de la pratique, passe par plusieurs étapes, chacune d'entre elles étant marquée par un athlète de grande classe ayant pratiqué la méthode.

Il semble qu'au lendemain de la première guerre mondiale, l'athlète finnois Pikhala s'y soumette déjà de façon tout empirique et en tire ses succès dans les courses de fond.

Gerschler, aux environs de 1940, l'introduit en Allemagne et lui donne un nouvel essor avec les exploits de l'athlète Harbig.

Zatopek, enfin, vers 1947-1948, l'améliore et finit de lui donner un crédit solide appuyé sur ses brillants résultats.

A ces noms, nous associerons celui du cardiologue allemand Reindell. Il a étudié de manière approfondie

la méthode, non seulement pour des raisons purement scientifiques, mais encore sur le plan sportif.

Il considère, à juste titre, qu'un dosage judicieux de l'entraînement est la condition fondamentale de son efficacité.

La réalisation pratique de l'entraînement intermittent exige l'évaluation précise de la distance à parcourir, de la durée de la course et du temps de récupération.

Les modalités techniques ne se sont pas imposées d'emblée. Les distances choisies (c'est-à-dire la durée des phases d'effort) sont de plus en plus courtes actuellement et parcourues à vitesse modérée, au profit du nombre de répétitions (20). La conduite d'un entraînement de ce type doit tenir compte d'un certain nombre de facteurs :

- la distance,
- le rythme de course,
- le nombre de répétitions,
- la durée des intervalles et
- les caractères de ces temps de repos.

DISTANCE ET RYTHME

Ces deux facteurs interférant étroitement, ils ne sont pas dissociés dans le dosage quantitatif de l'effort à imposer au sujet.

Le choix de la distance est en relation directe avec le but poursuivi par telle forme d'entraînement. En effet, les distances visant le développement de la puissance musculaire se situent entre 40 et 100 m, alors que le 200 m recherche de façon plus générale l'adaptation physiologique de l'organisme (26). Pourtant, si les distances varient selon les auteurs, tous s'accordent pour respecter la limite supérieure de 400 m.

Si nous complétons la notion de distance pure par celle du rythme de course, nous arrivons alors à préciser l'importance de l'effort à accomplir par l'athlète.

Une idée commune à la plupart des auteurs se dégage d'emblée : l'effort ne doit pas dépasser 70 % de la puissance maximale du sujet (12, 15, 20, 26 et Hettinger cité dans 27).

Pour contrôler l'importance de la charge imposée, on se base sur l'accélération du pouls observée en fin de course ou sur la relation existant entre la vitesse de course et la dépense énergétique (17).

D'après Monod et Pottier (19), « on considère généralement le chiffre de 170 pulsations par minute comme définissant la limite supérieure du travail musculaire général acceptable ». A propos de la fréquence cardiaque, il est utile d'insister sur un point de méthodologie qui nous paraît d'une grande importance.

La palpation du pouls est, certes, une méthode suffisamment sûre pour apprécier le rythme cardiaque au repos. Mais, lorsqu'on doit mesurer des fréquences élevées, on constate que sa précision fléchit au fur et à mesure de l'accélération cardiaque. Cet inconvénient devient particulièrement important au cours d'un entraînement intermittent, où les limites numériques de la fréquence sont bien précises (par exemple 180 c/mn à la fin de la charge ; 120 c/mn à la fin de la pause).

Le rythme, de plus, varie à chaque instant parce que la brièveté des charges ne permet pas à la fréquence cardiaque d'atteindre un état stable. Or, sa mesure doit être faite dans les temps les plus brefs à des moments précis. Sa détermination par l'électrocardiographie est à la fois plus objective et plus précise. Nous avons pu constater qu'il existait un écart important entre les valeurs obtenues simultanément par les deux méthodes. La palpation du pouls fournit toujours un chiffre plus bas, la différence allant de 8 à 13 c/mn (fig. 1).

En dépit des progrès de la télémétrie, il n'est pas encore possible d'utiliser largement l'électrocardiographie pendant les courses sur piste. La palpation du pouls restera longtemps la méthode la plus simple à la portée de tous. Il conviendrait que les entraîneurs tiennent compte de ces résultats, car les chiffres obtenus par cette dernière sont nettement inférieurs à la réalité. En méconnaissant ces faits, des erreurs certaines dans l'évaluation des charges imposées aux athlètes sont commises. Il est difficile de préjuger l'importance des suites fâcheuses qui en découleraient.

Mais on ne doit pas envisager uniquement une limite supérieure à l'accélération cardiaque. Il faut, en effet, prendre en considération une valeur « seuil » au-delà de laquelle, et seulement au-delà, on peut espérer une amélioration progressive des possibilités cardiaques (14). Ce seuil se situerait aux environs de 140 c/mn (c'est-à-dire 60 % de la fréquence cardiaque).

Une notion nouvelle naît : la gradation et l'adaptation continue de l'entraînement aux possibilités de l'athlète. En effet, l'augmentation des facultés motrices n'est possible qu'à condition d'un accroissement continu de l'effort à fournir. S'il n'y a pas progression de l'entraînement, le sujet « plafonne ». La préparation doit donc être individuelle et s'adapter à l'évolution de l'état actuel du sujet (16). Récemment, Wilt (28) a apporté des données totalement nouvelles et insisté sur deux modalités différentes d'entraînement intermittent, une lente et une rapide, qu'il convient de distinguer :

— dans le premier cas, sur des distances inférieures à 440 yards, le meilleur temps de l'athlète est majoré de 4 à 6 secondes afin de définir une vitesse moyenne sur les parcours successifs, départ lancé. Dans ce type d'exercice, la fréquence cardiaque ne doit pas dépasser 180 c/mn ;

— dans le mode rapide, au contraire, la fréquence peut atteindre des chiffres supérieurs. Sur les distances de 110 ou 220 yards, la vitesse, déterminée empiriquement, tient compte des meilleurs temps des athlètes, majorés, respectivement, de 1 s 1/2 à 2 s 1/2 et de 3 à 5 s. Pour le 440 yards, on note le meilleur temps moyen réalisé habituellement par le sujet sur cette distance, lors d'une course de demi-

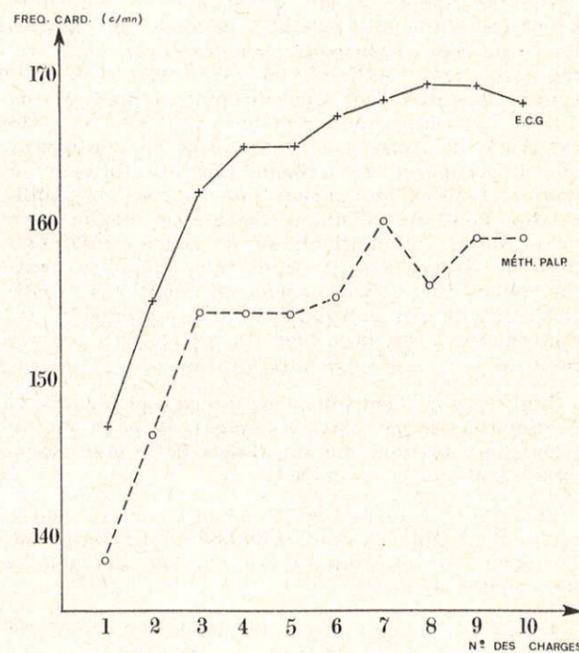


FIG. 1

Evaluation simultanée de la fréquence cardiaque par la méthode palpatoire (O) et l'E.C.G. (+).

Valeurs moyennes obtenues à la fin des charges au cours d'une séance d'entraînement intermittent sur bicyclette ergométrique, chez douze sujets.

fond, et on le majore de 1 à 4 s. Enfin, la préparation à des compétitions allant de 3 à 6 miles peut comporter le 880 yards. Dans ce cas, la vitesse est déterminée en diminuant de 4 s le temps moyen réalisé par le sujet sur 880 yards, lorsqu'il parcourt une distance de 3 à 6 miles.

Les effets respectifs de ces deux formes d'entraînement intermittent sur le développement de l'endurance sont essentiellement différents. Dans sa forme lente, il développerait surtout l'endurance aérobie, alors que l'endurance anaérobie serait plutôt le fait de la variante rapide (ce dernier mode implique d'intervenir sur une endurance générale ou aérobie déjà solide).

LES INTERVALLES

Une notion primordiale ressort tout d'abord : « La durée du repos après l'exécution d'une tâche est strictement conditionnée par l'ampleur du travail fourni » (12). Le repos doit donc avoir une durée proportionnelle à l'effort (25).

Les principaux caractères de l'intervalle se résument dans la détermination :

a) d'un niveau de fréquence cardiaque pour lequel la reprise de l'effort est autorisée (120 à 130 c/mn) et

b) du temps de récupération qui doit être ni trop court (il n'éviterait plus alors la surcharge cardiaque), ni trop long (car le bénéfice de l'entraînement serait alors nul).

LE NOMBRE DE RÉPÉTITIONS

Il semble que ce soit la répétition plus que l'intensité de l'exercice proposé qui engendre à la longue l'hypertrophie cardiaque (11, 13, 26).

Certains préfèrent de 3 à 5 parcours de 100 à 250 m, d'autres répèteront 10, 20 ou 40 fois une distance de 100 m ; il est surtout important d'adapter le nombre d'efforts au degré d'entraînement de l'athlète et à la période considérée (15, 18).

L'entraînement intermittent, malgré les brèves distances imposées, améliore l'endurance en augmentant la puissance cardiaque et aboutit à un accroissement de la puissance des muscles des membres inférieurs : ainsi, la vitesse est améliorée (22).

Pour conduire à l'hypertrophie des muscles des membres inférieurs, on conçoit aisément que la course rapide sur les distances courtes représente une stimulation efficace. Mais il est moins facile d'admettre que ces distances courtes représentent une excitation optimale pour accroître l'endurance.

Comme l'ont montré Reindell et Roskamm en 1959 (22), le volume cardiaque moyen des sprinters n'est pas significativement supérieur à celui des sujets non entraînés, alors qu'il augmente régulièrement dans l'ordre des spécialités suivantes :

- demi-fond,
- fond,
- cyclisme professionnel.

Si la valeur d'un sprinter n'est pas en relation avec son volume cardiaque, dans les spécialités d'endurance, au contraire, elle est étroitement liée à ce volume.

Le problème est donc de comprendre comment l'entraînement intermittent, qui est basé sur des sprints de 100 à 200 m, peut augmenter la puissance du cœur.

Toutes les expérimentations que l'on peut effectuer sur la piste se limitent, le plus souvent, à déterminer la fréquence cardiaque et la fréquence respiratoire. En effet, le dosage des gaz respiratoires « en course » ou la télémétrie présentent des difficultés techniques difficilement surmontables. Pour faire une étude plus approfondie, il est nécessaire de transposer sur bicyclette ergométrique (ou, mieux, sur tapis roulant) l'effort réalisé sur la piste.

C'est ainsi que Reindell et Roskamm (24) font effectuer 15 charges de 300 à 400 watts, pendant 30 secondes, suivies d'une pause fixée à 1 minute au cycloergomètre *horizontal*.

Les figures 2 et 2 bis donnent les résultats obtenus, au cours d'une séance d'entraînement intermittent, sur bicyclette ergométrique, chez l'un de nos sujets.

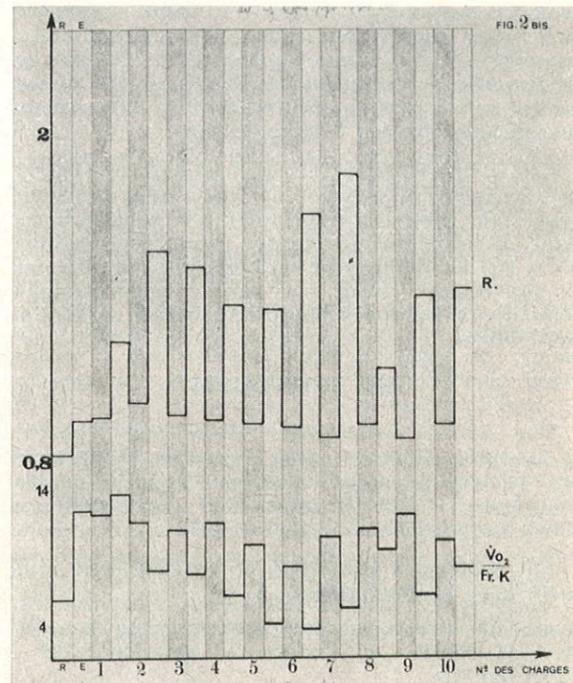
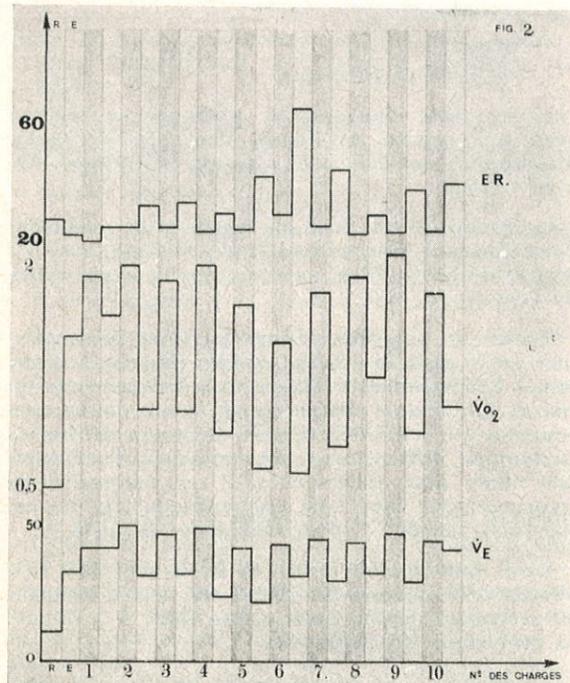
Les périodes de charge sont représentées en gris et les pauses qui leur font suite en blanc.

Nous avons suivi :

- le débit ventilatoire : V_E , en l._{BTPS}/mn,
- la consommation d'oxygène : VO_2 , en l._{STPD}/mn,
- l'équivalent respiratoire (ER) : $\frac{V_E}{VO_2}$
- le pouls d'oxygène : $\frac{VO_2}{Fr. K}$ en ml d'O₂ par systole,
- le quotient respiratoire : R.

Chez Christensen (5), l'expérimentation comporte des charges de 1 500 Kpm pendant 30 secondes, suivies de pauses de 45 secondes, pendant 1 heure, en position *assise*.

De notre côté (7), l'épreuve consiste en une succession de 10 charges de 1 558 Kpm pendant 1 minute, suivies, chacune, d'une pause suffisante pour permettre à la fréquence cardiaque de retrouver la valeur de 120 c/mn. Les sujets pédalent en position *assise*. Nous avons, en effet, cherché à reproduire, au laboratoire, l'épreuve effectuée sur la piste : 10 courses successives de 100 mètres en 15 secondes environ, suivies d'une pause dont la durée est fixée par le temps nécessaire au retour du rythme



cardiaque à la valeur de 120 c/mn choisie à l'avance.

La transposition s'appuie sur deux éléments : la fréquence cardiaque à l'arrivée et le temps de récupération partielle du pouls entre chaque course (120 c/mn).

Pour la réaliser, nous avons soumis un groupe d'étudiants de l'Institut régional d'Éducation physique et sportive de Marseille aux deux types d'épreuves. Douze sujets ont été sélectionnés au moyen de tests classiques d'aptitude physique, biométriques et fonctionnels (test de Flack, step-test de Harvard, étude de la capacité ventilatoire, etc.).

Nous pensons avoir atteint cet objectif, sauf dans deux cas où, manifestement, la puissance énergétique de l'épreuve sur cycloergomètre était nettement inférieure à celle développée sur la piste.

La plupart des paramètres suivis lors des séances d'entraînement sur bicyclette ergométrique sont évalués dans différentes conditions :

- au repos,
- après un échauffement par pédalage léger qui amène le rythme cardiaque à 120 c/mn,
- pendant chacune des 10 charges
- et des 10 pauses intercalées.

Reindell et Roskamm (23), en 1959, étudient « le pouls d'oxygène » « ou transfert d'oxygène par systole », c'est-à-dire « le nombre des millilitres

d'oxygène fixés par les poumons et transportés jusqu'aux tissus pour chaque contraction cardiaque » (19). Ils observent, pendant les pauses, une augmentation importante du « pouls d'oxygène ». En effet, la consommation d'oxygène, faible pendant les 30 secondes de l'effort, augmente immédiatement après, pendant la première moitié de la pause. De son côté, la fréquence cardiaque se maintient à peu près au niveau atteint à la fin de l'effort, pour ne diminuer nettement que dans la deuxième partie de la pause. Ces auteurs pensent que l'augmentation du volume de l'ondée systolique explique celle du pouls d'oxygène au début de la pause, et ils en font le principal stimulus propre à amener l'hypertrophie cardiaque. Cette augmentation du volume cardiaque est la condition préalable à une amélioration des performances.

Christensen (5), en 1960, ne vérifie pas ces résultats et trouve, au contraire, que la prise d'oxygène passe par un maximum pendant la charge. Les consommations d'oxygène augmentent pendant les 30 dernières secondes de la charge et diminuent pendant les 30 dernières secondes de la pause.

Chez nos athlètes, l'épreuve représente une dépense énergétique mettant en jeu, en moyenne, 40 à 50 % de leurs possibilités maximales, tant du point de vue des échanges gazeux (VO_2 et VCO_2) que de la ventilation pulmonaire.

Au cours des deux ou trois premières charges, l'accroissement continu des principaux paramètres respiratoires et cardio-vasculaires évoque la classi-

que période d'adaptation observée au début d'un travail continu. Par la suite, ils évoluent très inégalement pour un même sujet et d'un sujet à l'autre. La ventilation pulmonaire, la consommation d'oxygène, le rejet de gaz carbonique, la fréquence cardiaque et le pouls d'oxygène se situent d'une manière assez irrégulière autour d'une moyenne qui passe par un maximum pendant les charges et un minimum pendant les pauses. Cette instabilité ne permet pas d'assimiler cette deuxième phase à l'état constant d'un travail continu bien toléré. Par contre, l'équivalent respiratoire et le quotient respiratoire ont pratiquement toujours une valeur plus importante pendant la pause que pendant la charge.

L'évolution de certains des paramètres étudiés est suivie au cours des 10 périodes de charge et des intervalles de repos qui leur font suite. Les deux premières mesures correspondent aux résultats obtenus durant la période de repos (R) et après l'échauffement (E). La figure 2 donne un exemple typique chez l'un de nos sujets.

Elle met en évidence l'évolution imprévisible des variables d'une charge à l'autre. Il semble, toutefois, que la plupart d'entre elles passent par un minimum vers le milieu de l'épreuve (entre la 5^e et la 7^e charge), aussi bien pendant les charges que les repos.

Nos résultats confirment ceux de Christensen (6) et d'Astrand et collaborateurs (3).

Les différences observées entre cet ensemble de résultats et ceux de Reindell ont engendré une controverse qui porte sur deux points particuliers : la position du sujet sur la bicyclette et les méthodes de mesures, peu comparables d'un auteur à l'autre.

Les différences de position ont une grande influence sur l'appareil respiratoire par suite des effets de la pesanteur (9). Lorsqu'un sujet est assis, les rapports de ventilation et de circulation entre la base et le sommet des poumons sont respectivement de l'ordre de 1,5 à 1 et de 3 à 1. Ils tendent à s'égaliser lorsque le sujet est couché. Il existe alors une nette diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle. Petit et collaborateurs (21) ont montré que ce déplacement de la position ventilatoire moyenne vers l'expiration, lors du décubitus dorsal, conduisait, au repos comme lors d'un exercice musculaire, à un accroissement du travail dynamique ventilatoire.

La position influence aussi le comportement de l'appareil cardio-circulatoire (4). Qu'il s'agisse de l'état de repos ou d'un travail submaximal (avec les membres inférieurs), et pour des niveaux comparables de consommation d'oxygène, le débit cardiaque est réduit d'environ 2 l/mn en position debout par rapport à la position couchée. Pour une même consommation d'oxygène, le volume systolique, en valeur absolue, est plus faible en position debout qu'en position couchée. Par contre, lorsqu'on passe du repos au travail, l'augmentation du volume systolique est plus importante en valeur relative, si l'expérience est menée en position debout.

Si nous considérons, d'une part, que la position n'influence pas la consommation d'oxygène pour une dépense énergétique donnée (4), et, d'autre part, que les courtes charges imposées ne permettent pas d'atteindre un état stable, on peut penser que la différence des positions adoptées explique non pas les niveaux de consommation d'oxygène mesurée, mais plutôt le temps nécessaire pour les atteindre, au cours de ces perpétuelles périodes de transition.

Les résultats symétriquement opposés obtenus par Reindell et Roskamm sont déterminés par le choix de la position couchée. Certes, elle est beaucoup plus favorable à l'organisme que la position verticale pour accomplir un travail donné à moindre frais.

La position assise sur le cycloergomètre est beaucoup plus proche de la statique d'un sujet qui court, du point de vue cardio-pulmonaire. Elle reste pourtant critiquable, car le nombre et la qualité des muscles mis en jeu sont différents. En effet, sur bicyclette ergométrique, les membres supérieurs et la moitié supérieure du tronc ne sont pas sollicités de la même manière que dans une course sur piste, bien que Wyndham (cité dans 10) pense que les membres supérieurs puissent être également utilisés. Nos sujets ont, malgré tout, accusé une fatigue locale plus importante au niveau des membres inférieurs. Elle était plus prononcée au terme de l'épreuve sur bicyclette que sur la piste.

La caractéristique de l'entraînement intermittent réside dans le fait que la brièveté du travail fourni ne permet jamais d'atteindre un état stable. L'organisme est à la recherche perpétuelle d'un équilibre jamais atteint. Parce que la pause est relativement courte, la récupération est loin d'être achevée, au moment où une nouvelle charge est initiée. Le paiement de la dette d'oxygène, contractée lors du travail précédent, est forcément incomplet. Au fur et à mesure que la séance se poursuit, le reliquat de la dette antérieure s'ajoute à celle créée par la charge suivante. Au cours de chaque pause, l'organisme se trouve placé dans une situation différente par rapport aux précédentes. Le nouveau déséquilibre entre les besoins tissulaires et la prise d'oxygène peut être réduit ou aggravé. Le paiement de la dette d'oxygène, lui aussi intermittent, est irrégulier d'un moment à l'autre.

CONCLUSION

Nous avons voulu transposer sur bicyclette ergométrique un certain exercice physique effectué sur piste. Nous avons pu constater, à cette occasion, que si divers sujets ont une réaction cardiaque (fréquence) très comparable, par contre, les modifications respiratoires sont très différentes. Ceci nous amène à conclure qu'il serait préférable, dans la pratique, d'effectuer d'abord une séance d'entraînement intermittent sur bicyclette, en position assise, mettant en jeu une fraction définie des possibilités du sujet et d'adapter, par la suite, les caractéristiques de la course sur piste en fonction des résultats

obtenus. Cela éviterait d'imposer à tel sujet une suite de charges trop fortes ou trop faibles parce qu'en rapport avec le niveau de la seule fréquence cardiaque. Ainsi, la pratique de l'entraînement intermittent, dans un programme de préparation générale d'un athlète, serait plus conforme aux buts poursuivis par l'entraîneur.

(Travail de l'Institut régional d'Éducation physique et sportive de Marseille.

Directeur : Professeur J.-L. ARDISSON).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(Une bibliographie plus complète peut être trouvée dans la référence n° 7).

- ANDRIVET (R.), CHIGNON (J.-C.) & LECLERCQ (J.) : Physiologie du sport. Presses Universitaires de France, édit., Paris, 1965.
- ANDRIVET (R.) : Les méthodes modernes d'entraînement et leurs incidences dans le domaine médical. *Méd. Educ. Phys. Sports*, 1965, 39, 99-104.
- ÅSTRAND (I.), ÅSTRAND (P.O.), CHRISTENSEN (E.H.) & HEDMAN (R.) : Intermittent muscular work. *Acta Physiol. Scand.*, 1960, 48, 448-453.
- BEVEGARD (B.S.) & SHEPHERD (J.T.) : Regulation of the circulation during exercise in man. *Physiol. Rev.*, 1967, 47, 178-213.
- CHRISTENSEN (E.H.), HEDMAN (R.) & HOLMDAHL (I.) : The influence of rest pauses on mechanical efficiency. *Acta Physiol. Scand.*, 1960, 48, 443-447.
- CHRISTENSEN (E.H.) : Interval work and interval training. *Int. Z. Angew. Physiol.*, 1960, 18, 345-356.
- FRANCESCHI-VEYSSIERE (A.) : Recherches expérimentales sur les effets physiologiques de l'entraînement intermittent (*intervalltraining*). Thèse Méd., Marseille, 1970. (Dactyl.).
- GAENSLER (E.A.) & WRIGHT (G.W.) : Evaluation of respiratory impairment. *Arch. of Environmental Health*, 1966, 12, 146-189.
- GLAISTER (D.H.) : The effect of posture on the distribution of ventilation and blood flow in normal lung. *Clin. Sci.*, 1967, 33, 391-398.
- GRIMAUD (Ch.), COUTANT (J.), VANUXEM (P.), FONDARAI (J.), GASTAUD (M.) & ARDISSON (J.-L.) : Détermination de la consommation d'oxygène maximum d'un groupe d'adolescents nageurs de compétition. *Communic. Congr. intern. de Rééducation fonct. et Coll. intern. de Méd. sport. Supp. Nice Méd.*, 1969, 7, 197-201.
- HOKE (R.J.) : Zweckmäßige Mischung erprobter methoden in der Trainingsmethodik. *Sportärztl. Praxis*, 1962, 1, 21-26.
- IAKOLEV-KOROBKOV-IANANIS : Théorie et méthode de l'entraînement sportif. Bases physiologiques et biochimiques. *Bull. de liaison E.N.S.E.P.S.*, 1967, 12, 9-18.
- JUCE (A.) & SPRECHER (P.) : Entraînement fractionné (*intervalltraining*). *Educ. physique et Sport*, 1960, 50, 26-29.
- KARVONEN (M.J.) : Effects of vigorous exercise on the heart. In : « Work and the Heart » by F.F. Rosenbaum and E.L. Belkap, 199-210. P.B. Hoeber, Inc., edit., New York, 1959.
- MALLÉJAC (J.) & MAIGROT (J.) : L'entraînement athlétique des coureurs français. *Educ. phys. et Sport*, 1961, 53, 37-43.
- MIES (H.) : Bases physiologiques de l'entraînement dans les conditions particulières créées par l'*intervalltraining*. *Document I.N.S.*, 1958, n° 614.
- MIES (H.) : Untersuchungen zu der Frage nach der Intensität des Lauftrainings. *Schweiz. Z. Sportmed.*, 1965, 13, 1-9.
- MONNERET (J.-R.) : Les bases techniques de l'entraînement sportif. *C. R. Coll. intern. Sport et Méd.*, Vichy, 1964, 15-26.
- MONOD (J.) & POTTIER (M.) : Les adaptations respiratoires et circulatoires du travail musculaire. In : SCHERRER (J.) : *Physiologie du travail*, 1967, 1, 209-291. Masson et C^{ie}, édit., Paris.
- NOCKER (J.) : Die biologischen Voraussetzungen des Intervall-training. *Sportarzt*, 1959, 10, 239-248.
- PETIT (J.-M.), MILIC-EMILI (G.) & SADOUL (P.) : L'influence de la position corporelle sur le travail ventilatoire dynamique pendant l'exercice musculaire sur l'individu sain. *Arch. Intern. Physiol. Bioch.*, 1960, 68, 437-444.
- REINDELL (H.) & ROSKAMM (H.) : Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Intervall-trainings unter besonderer Berücksichtigung des Kreislaufs. *Schweiz. Z. Sportmed.*, 1959, 7, 1-24.
- REINDELL (H.), ROSKAMM (H.) & GERSCHLER (W.) : Das Intervalltraining. J. A. Barth, édit., München, 1962.
- REINDELL (H.), ROSKAMM (H.), GERSCHLER (W.), ADAM (K.), BRAECKLEIN (H.) & KEUL (J.) : L'entraînement par intervalles ou *intervalltraining*. *Document I.N.S.*, n° 152, 1965 (traduction partielle de la réf. n° 23).
- ROSKAMM (H.), REINDELL (H.) & KEUL (J.) : Zur Frage der Pausenwirkung des Intervalltrainings. *Sportarzt*, 1961, 12, 151-158.
- SCHNEIDER (K.W.) & GATTENLÖHNER (W.) : Hämodynamischer Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Intervalltrainings. *Arch. Kreislauff.*, 1965, 46, 114-124.
- TURBLIN (J.) : Problèmes physiopathologiques posés chez l'athlète coureur de demi-fond. Spécialement chez l'adolescent. Thèse Méd., Toulouse, 1964.
- WEGHOFFER (T.) : Intervalltraining klein Zauberwort, sondern intensivste Arbeit. *Sportärztliche Praxis*, 1954, 4, 146-148.
- WILT (F.) : Training for competitive running. In : « Exercise Physiology by H.B. FALLS (pp. 395-414). Academic Press, New York and London, 1968.

LA SOCIALISATION DE L'ENFANT AU COURS DE LA SCOLARITÉ ÉLÉMENTAIRE

ANALYSE DU JEU

Le présent article a pour objet les conditions pédagogiques qui pourraient favoriser un développement harmonieux de l'enfant sous l'aspect de son adaptation sociale, au sein du groupe scolaire, en tenant compte de certaines de ses motivations, en particulier du jeu.

Il se limite à la période de sept à onze ans, sans méconnaître pour autant le caractère fondamental et décisif des influences éducatives avant cet âge.

Il importe, pour cela, de dresser un tableau du type d'organisation scolaire que l'on rencontre encore trop fréquemment, et dont la remise en question est à l'ordre du jour.

L'ENVIRONNEMENT SCOLAIRE

Une classe de petits de cinq-six ans montre un aspect apparemment inordonné : les enfants vagent à leurs diverses activités, la maîtresse prodiguant, ici et là, ses conseils. Par contre, la classe de première année du cycle élémentaire ou « cours préparatoire » paraît beaucoup plus ordonnée : les tables souvent disposées en rangées, le maître face à l'ensemble de son auditoire, ou bien circulant dans les allées ménagées entre les rangées.

Les petits sont, le plus souvent, en petits groupes autour de grandes tables circulaires, ou bien leurs tables individuelles sont placées de telle sorte que les contacts soient favorisés.

S'il est d'usage d'affirmer la nécessité d'une discipline dès l'entrée à la « grande école », l'organisation qui en découle est difficilement justifiable dans une optique compréhensive de l'enfant à cet âge. Alors qu'on se plaît à démontrer l'égoïsme de l'enfant avant sept ans, qui se manifeste dans ses activités sous la forme d'échanges avec ses voisins sans qu'il s'établisse réellement des dialogues, tandis que vers sept ans le dialogue, la coopération entre enfants deviennent possibles, il apparaît dans les faits que le milieu est ainsi organisé que tout est établi à contre-courant de ces observations psychologiques.

1° Les causes de cette situation

Les contradictions flagrantes entre le mode d'organisation de la classe et les possibilités que l'on attri-

bue aux enfants renvoie l'explication de cet état de choses aux buts traditionnels de l'enseignement : il s'agit essentiellement de faire acquérir en un temps limité un certain nombre de savoir-faire et de connaissances à l'enfant ; les matières constituent l'objet même de cet enseignement.

Le maître est celui qui possède ces connaissances, ces techniques dont l'enfant est dénué et dont il convient de le munir au plus vite.

Les programmes sont élaborés suivant les conceptions de l'adulte, suivant ce qu'il estime être simple et complexe ; la gradation en difficulté de la matière enseignée doit aboutir, en fin de scolarité, à sa « connaissance » parfaite.

Dans ce système, les séries et progressions d'exercices sont à l'honneur et souvent établies sans tenir compte des réactions de l'enfant en fonction des problèmes qui lui sont posés ; ses besoins ou les désirs qu'il pourrait exprimer à un âge donné, à une certaine époque de l'année, dans un milieu socio-culturel donné (ville, village, région montagnaise, maritime, etc.) sont parfois négligés. L'acquisition de la connaissance centre l'effort sur la matière, objet à enseigner, l'aspect total de la personnalité de l'enfant, ainsi que l'impact des relations interindividuelles sur l'assimilation de ces connaissances restent au second plan et même souvent ignorés.

2° Le système scolaire dans ce contexte

De tels objectifs, envisagés sous cette forme, créent les conditions de relations particulières entre maître et élèves et entre les élèves eux-mêmes. La classe apparaît comme une organisation hiérarchisée.

Les membres de son groupe doivent converger vers le maître en raison même de son savoir qu'il convient d'assimiler et du modèle qu'il représente ; ce savoir fonde sa toute-puissance. Ainsi, le groupe est considéré comme un tout constitué d'une addition d'éléments ; on pourrait presque dire qu'il n'y a pas de véritable groupe, mais plutôt une juxtaposition de membres dont le destin est identique : recevoir l'information, puis la renvoyer à l'émetteur. La communication en réseau est exceptionnelle dans un tel système (même proscrite), ce qui n'est

pas sans poser de problèmes ; car les échanges s'installent tout naturellement entre membres du groupe et il faut les réfréner, d'où l'usage de sanctions (punitions, récompenses) destinées à rétablir « l'ordre ». Afin d'amener les enfants à se conformer au modèle, les classements sont établis, ce qui contribue à hiérarchiser le groupe lui-même et crée la compétition entre ses membres. Les questionnaires appellent le plus fréquemment des réponses copies ; c'est l'art de la maïeutique qui consiste à amener l'élève à exprimer lui-même ce que le maître exprimerait ; l'interrogation est de mauvaise foi : le maître interroge l'élève afin, soit de faire apparaître son ignorance, soit d'obtenir de lui une information qu'il possède déjà. Par la médiation de ses élèves, le maître est centré sur lui-même. Le système adopté dans la classe vise à restreindre les communications tant au niveau de la perception mutuelle qu'à celui de l'action orale ou posturale de ses membres ; l'attitude du maître tend à prendre un caractère autoritaire ou fortement directif.

Dans la pédagogie actuelle, marquée par l'empirisme, la connaissance est une copie du réel, représenté par les modèles sociaux dont le maître est porteur, l'intelligence tirant ses origines de la perception seule ; on fait acquérir les connaissances sans se préoccuper de développer les mécanismes propres à leur assimilation. La raison en est peut-être dans l'absence de mise en pratique de l'analyse et de la compréhension des structures mentales en cause chez l'enfant et des conditions d'environnement propres à leur élaboration.

Faut-il voir là l'influence d'une conception philosophique postulant l'existence *a priori* de catégories essentielles de la pensée (temps-espace) ou celle des théories associationnistes sur le plan psychologique, le schéma explicatif prévalant étant celui de type S → R, l'organisme comme système modelant étant ignoré ?

Quoi qu'il en soit, elle néglige le rôle constructif de l'action, ce qui la rend particulièrement statique (ce que traduit l'espace même, par exemple la disposition toujours semblable des tables quel que soit l'objet du travail) ; l'enfant est considéré comme un réceptacle.

3° Les conséquences

Les rapports entre maîtres et élèves et entre les élèves eux-mêmes préfigurent ceux de l'adulte par rapport à l'enfant et des adultes entre eux.

C'est dans un tel milieu que se construisent les processus d'influence de la forme de ceux observés chez l'adulte au cours des expérimentations sociales. Faut-il, en effet, dans la constatation que le fait de travailler les uns en présence des autres engendre, malgré les consignes, une attitude compétitive, se contenter de l'affirmation que toute relation sociale implique toujours une comparaison de valeur, ou n'est-il pas souhaitable d'envisager de rattacher ces phénomènes de conformisme intellectuel à des phénomènes plus généraux d'association, de conditionnement ou de renforcement ?

« Le simple fait, dit G. de Montmollin, de prendre connaissance de la réponse d'une personne ou de quelques autres personnes, sans que celles-ci ne fassent effort pour le persuader et n'exercent la moindre pression, amène le sujet à modifier son jugement et à se conformer au jugement des autres. » (*Traité de psychologie expérimentale*, tome IX).

Cela aboutit, comme le montrent de nombreuses recherches, à une uniformisation des réponses, les sujets imitant ceux qui donnent une réponse rapide ou estimée bonne, en leur attribuant *ipso facto* un prestige ou un pouvoir. Or, on peut penser que cette uniformisation, cette normalisation des réponses individuelles, existe parce que, précisément, dans toutes les expériences vécues antérieures s'est produit un véritable conditionnement à fournir des réponses conformes. L'introduction de la variable « récompense individuelle », qui met les sujets en compétition, a pour conséquence une accélération du travail, ce qui peut aboutir à un conflit si la solution d'un problème dépend de la coordination des actes de divers membres ; c'est ce que montre, par exemple, l'expérience de Mintz (1951), dans laquelle 20 cônes de bois dans une bouteille à col étroit sont chacun muni d'une ficelle que tiennent les différents sujets ; le niveau de l'eau monte dans la bouteille et les cônes doivent être tirés avant que l'eau n'arrive en haut ; si l'expérience est présentée comme une compétition, il y a embouteillage, car manque de coordination des actes.

En ce qui concerne l'affirmation que cette tendance compétitive serait dans la nature, des recherches ethnologiques ont permis de faire la part de l'influence des premières expériences de l'enfant sur sa personnalité ; Klineberg cite ces travaux (*Bulletin de Psychologie*, oct. 1968). Chez les Indiens du Dakota (Sioux) étudiés par McGregor, « la grande vertu qu'on inculquait aux enfants, et qui était typique pour les adultes, était la générosité. Très tôt, on apprenait aux enfants à tout partager avec les autres enfants. Cette tradition est soigneusement entretenue de nos jours chez les enfants du Dakota... Des enfants, dès cinq, six, sept ans, font généreusement et de bon cœur des cadeaux à leurs frères et sœurs plus jeunes. Ce trait de générosité est typique chez l'adulte et est considéré comme essentiel pour le développement d'un « bon » caractère chez les Dakotais.

« ... On retrouve cette même continuité chez les Hopi qui ignoraient presque totalement le sentiment de rivalité. Ils considéraient comme une mauvaise chose de se montrer supérieur aux autres : ainsi, ils changeaient de chef tous les ans afin de répartir entre tous cette tâche. »

Cependant, il semblerait que la conséquence de ce type de rapports dans les groupes sociaux soit également une uniformisation des conduites :

« Les enfants apprenaient très vite à se comporter de façon semblable et les maîtres des écoles, de type occidental, ont eu beaucoup de difficultés à découvrir si tel enfant dans la classe sait ou non la réponse à la question posée : l'enfant, s'il sait,

ne veut pas donner cette réponse, car d'autres enfants peuvent ne pas savoir. »

Il reste donc à faire comprendre à l'enfant que le fait de donner la réponse et de savoir n'entraîne pas inévitablement une frustration des autres, à condition que cette expression du savoir ne se fasse pas sous la forme normative, par comparaison avec autrui, en référence à un modèle parfait.

L'ATTITUDE A ADOPTER EN FONCTION DE CES REMARQUES

Dans la classe, les solutions pourraient être meilleures et plus profitables à l'ensemble si la coopération entre les membres était établie (ce qui nécessite un apprentissage) ; or, ceci est incompatible avec l'estimation du résultat individuel et du jugement de valeur qu'on lui attribue. Nous sommes, dans un tel cas, bien en présence d'une structure de groupe qui n'est pas tournée vers son fonctionnement même et l'analyse des interrelations en son sein.

De nombreuses recherches ont montré la richesse du travail de groupe par rapport au travail individuel, à condition, bien entendu, d'établir de véritables relations entre les membres. Un effet de facilitation sociale se produit pour certains, bien que d'autres soient plutôt inhibés en présence des autres ; cependant, dans ce dernier cas, on peut incriminer l'absence de préparation à la confrontation avec les autres, d'apprentissage du travail en groupe.

En particulier, l'influence informative du groupe est grande ; c'est cette influence informative qui, pratiquement, est négligée dans la classe ; elle peut augmenter notablement le niveau d'aspiration des participants, leur motivation pour une tâche, l'apport personnel d'informations permettant au groupe de progresser. La connaissance du travail des autres et de leurs opinions confrontées avec les siennes propres peut entraîner des modifications de la conduite. De plus, lorsqu'il s'agit de groupes d'enfants, elle donne au maître des moyens de connaissance des enfants et d'évaluation de leur raisonnement ; il peut, à partir de ces informations, construire le programme de travail en tenant véritablement compte de ceux qui sont concernés ; pour cela, il s'appuie sur les divergences inévitables et nécessaires des intéressés dont l'originalité est à développer plutôt qu'à étouffer.

Les expériences de Deutsch sur la comparaison du travail de groupes coopératifs et compétitifs plaident en faveur des premiers ; il note dans ceux-ci :

- une plus forte motivation pour la tâche commune ;
- l'importance des contributions et une coordination des efforts ;
- des communications efficaces, de nombreuses idées exprimées, une attention aux idées d'autrui ;
- plus d'acceptation, plus d'influence interpersonnelle.

Les expériences classiques de Lewin, Lippitt et White sur le style de direction des groupes, sur leur « atmosphère » ou climat, ont montré la préférence des participants pour le mode de gestion démocratique avec participation des membres aux décisions avec l'aide du meneur de jeu.

Pratiquement, tout concourt à montrer que le mode d'organisation du travail, la confiance qui est faite aux membres, la modération de l'approbation de jugements justes ou originaux créent les conditions optima d'appartenance et de collaboration en groupe et permettent d'éviter certaines réactions négatives de certains membres (inhibition, timidité, anxiété, soumission). Le groupe ainsi conçu est une excellente école à l'argumentation et à la présentation de ses idées, ainsi qu'à leur modification en fonction des informations recueillies (phénomène de *feed-back*).

Devant toutes ces possibilités, l'enseignement reste normatif, le dirigisme est de règle. On pratique une pédagogie de la faute et non une pédagogie de la différence, puisque toute différence est considérée comme une déviation, un péché. La réponse à cette déviation est une culpabilisation de l'enfant ; au lieu de faire prendre conscience aux enfants de ce dont ils sont capables, de leurs propres productions, on focalise leur attention sur leurs ignorances et leurs manques, et ceci dans une atmosphère comparative.

On pourrait montrer l'anachronisme des méthodes utilisées et l'inertie des structures par rapport à l'évolution de l'environnement et des techniques, en particulier la grande quantité d'informations de tous ordres qui parvient à l'enfant et dont on ne l'aide pas à tirer parti.

CARACTÈRES DE L'ENFANT DE SEPT A ONZE ANS

L'âge moyen de sept ans marque un tournant décisif dans le développement mental ; Piaget l'a montré dans ses riches travaux. Qu'il s'agisse d'intelligence ou de vie affective, de rapports sociaux ou d'activité proprement individuelle, des formes d'organisation nouvelles apparaissent qui achèvent les constructions esquissées au cours de la période précédente.

Du point de vue des rapports interindividuels, l'enfant, après sept ans, devient capable de coopération, parce qu'il ne confond plus son point de vue propre et celui des autres, mais il les dissocie pour les coordonner. Il peut alors comprendre les points de vue de l'autre et peut chercher des justifications ou des preuves à ses propres affirmations. Nous verrons l'application de cette évolution en ce qui concerne le jeu, principalement le jeu collectif, au cours duquel il devient possible d'élaborer une règle et de s'y conformer d'un commun accord.

Les progrès sociaux sont à mettre en parallèle avec les progrès individuels, par exemple en ce qui concerne l'intelligence. Ces progrès correspon-

dent d'ailleurs à une même évolution et sont explicables par une structure ou un niveau mental bien déterminé.

L'enfant se libère de son égocentrisme social et intellectuel (chacun étant à la fois cause et effet), ce qui donne à ses actes et à ses pensées une mobilité, une souplesse plus grandes. C'est le niveau des « opérations concrètes » de Piaget. Il n'est pas question d'analyser ici en détail les manifestations de ce palier de l'intelligence ; cependant, on ne peut ignorer que l'accession au niveau opératoire, voire la transformation de la conduite sous tous ses aspects, tant du point de vue intellectuel qu'affectif, s'accompagne de changements aussi importants dans les rapports sociaux.

Alors qu'au stade précédent, l'enfant était englué dans ses explications qui restent d'ordre magico-phénoménistes, à partir de maintenant il peut transformer les rapports immédiats en un système cohérent de relations objectives. Comme simultanément on assiste aux progrès de la représentation par rapport à l'acte même, il devient capable de réflexion ; sa pensée devient réversible, c'est-à-dire que son action est toujours susceptible de revenir à son point de départ et de se comparer avec d'autres selon ce double mode direct et inverse.

Pour Piaget, cette réflexion « n'est pas autre chose qu'une délibération intérieure, c'est-à-dire une discussion que l'on conduit avec soi-même, comme on pourrait la mener avec des interlocuteurs ou des contradicteurs réels ou extérieurs. On peut donc dire aussi bien que la réflexion est une conduite sociale de discussion, mais intériorisée, selon cette loi générale d'après laquelle on finit toujours par s'appliquer à soi-même les conduites acquises en fonction des autres, ou que la discussion socialisée n'est qu'une réflexion extériorisée ».

Le matériau de l'évolution mentale de l'enfant est ainsi constitué des actions qu'il mène et coordonne entre elles ; on peut penser qu'en créant les conditions de l'expérimentation, on pourra accélérer ou permettre de mener à bien cette évolution. Ceci suppose, bien entendu, de toutes autres conceptions que celles d'une pédagogie statique qui place les enfants devant les faits en se bornant à les leur faire constater ; solliciter ses recherches, provoquer chez lui l'établissement et la compréhension de relations entre les faits, lui poser des problèmes, tels sont les principes essentiels à retenir, et cela dans le cadre de rapports interindividuels de compréhension ; alors, l'aidera-t-on à accéder à une morale de coopération et d'autonomie personnelle où autrui est mis à distance et son point de vue pris en considération, par opposition à la morale intuitive d'hétéronomie, dans laquelle la dépendance du milieu est étroite ?

Le rôle positif de l'utilisation de l'action dans la formation de l'enfant, en particulier sur la mémoire, a été mis en évidence par une expérience de Piaget, Frank et Bliss, portant sur le souvenir d'un arrangement de cubes selon que l'enfant s'est borné à les

regarder ou les a copiés activement, ou encore a regardé l'adulte les arranger (le tout en variant l'ordre de succession des épreuves). L'action propre donne de meilleurs résultats que la perception, et l'apprentissage dans l'ordre « action → perception » donne de meilleurs résultats que dans l'ordre « perception → action » (avec au moins une semaine d'intervalle). Quant à la perception de l'action de l'adulte, elle n'ajoute presque rien à la perception du seul résultat. L'image-souvenir est donc elle-même liée à des schèmes d'actions et on trouve au moins dix paliers intermédiaires entre le souvenir moteur avec simple reconnaissance et la pure évocation en images indépendamment de l'action.

L'exercice et l'expérience acquise dans l'action effectuée sur les objets sont donc ces éléments fondamentaux du développement mental ; de plus, ils ont des répercussions sur l'adaptation sociale du sujet sous la forme de ses rapports avec autrui. Deux types d'expériences sont à envisager :

- l'expérience physique, consistant à agir sur les objets pour en extraire les propriétés (comparer deux objets ; leur poids, par exemple) ;
- l'expérience logico-mathématique, consistant à agir sur les objets, mais en vue de connaître le résultat de la coordination des actions. La connaissance est ici abstraite de l'action et non pas des objets.

Actuellement, la pédagogie reste centrée sur l'objet (l'usage excessif des méthodes intuitives en est une manifestation) et non sur la coordination des actions permettant la construction de l'aptitude à opérer.

L'UTILISATION DU JEU

L'enseignement se fait encore trop en champ clos ; l'école est fermée au sens propre comme au figuré. Les aires de jeux dont sont équipés certains établissements sont souvent désertes, même lorsque les conditions atmosphériques en permettent l'utilisation. On sous-estime la fonction formatrice du jeu ; pourtant, d'âge en âge, les jeux signalent l'avènement des fonctions les plus diverses ; ainsi la fonction de sociabilité sous la forme de parties qui opposent des équipes où « les rôles sont distribués en vue de la collaboration la plus efficace pour le succès commun sur l'adversaire ». (Wallon : « L'Évolution psychologique de l'enfant »).

Le propos n'est pas de développer la fonction générale du jeu, mais de cerner certains de ses aspects en ce qui concerne les jeux de règles : jeux collectifs où des équipes sont en opposition. Ces jeux voient leur développement se faire à partir de sept ans. Avant cet âge, l'enfant ne comprend pas la nécessité de passer une balle à des partenaires en faisant en sorte qu'elle échappe aux autres. Ces jeux sont, « au lieu d'obstacles quelconques dus aux circonstances, des difficultés choisies spécifiques qu'il faut résoudre pour elles-mêmes et non plus sous la pression des événements, de l'intérêt ». (Wallon, *id.*).

C'est ce facteur de *choix* qui est fondamental, aussi l'adulte doit-il faire en sorte qu'il puisse se réaliser. C'est dans ce sens que l'activité prend un caractère expressif, car source de créativité pour l'enfant. Citons ici le point de vue de Jacques Depuilly, président du Cercle d'études artistiques à Paris (revue *Préparons l'avenir*, avril 1970) :

« J'ai eu l'exemple, l'autre jour, d'un tout petit garçon qui est venu pour la première fois à l'atelier ; il a été d'une sagesse absolument exemplaire ; il a très vite compris qu'il ne fallait pas mettre son pinceau n'importe où, et, quand il est rentré chez ses parents, j'ai su qu'il avait été très content de la liberté qui lui avait été laissée. Il a dit, en particulier, qu'il n'était interdit de se servir d'aucune couleur, qu'il pouvait se servir de toutes les couleurs, alors qu'en réalité il n'en a pris qu'une ; c'est cela qui est assez curieux, mais il a été sensible au fait qu'il pouvait toutes les prendre. Autrement dit, dans ce cas-là, pour quelqu'un qui aurait vu l'enfant dans le contexte (qu'on l'ait par exemple filmé), il n'y aurait pas eu de différence entre ce qu'il a fait et ce qu'il aurait fait si je lui avais dit : « Bon, c'est ta première leçon, tu ne prends qu'une couleur aujourd'hui, qu'un pinceau, et tu me fais » cela ; tu ne fais pas un fond aujourd'hui. » En réalité, il a surtout apprécié, tout petit, la liberté qui lui était laissée ».

Il est important de mettre l'enfant en situation pour qu'il crée des obstacles ; c'est alors qu'il pourra (en groupe) établir les règles qui fassent participer tous les acteurs au jeu. Qu'observe-t-on, la plupart du temps ? Dans ces jeux collectifs, où il s'agit de faire progresser une balle, ce sont toujours les mêmes qui la reçoivent (les plus adroits), ce qui aboutit très vite à dégoûter les autres du jeu. Certaines conceptions pédagogiques défendent l'idée que la solution à cela est de former des groupes considérés comme homogènes (bien souvent, le critère retenu est celui de l'aptitude à se passer la balle). Cette conception fait ainsi du jeu une fin en lui-même, alors que, du point de vue formatif, il n'est qu'un moyen, celui, entre autres, d'apprendre à opérer ensemble en acceptant les différences entre joueurs. En renvoyant au groupe l'analyse d'une tension, on le place sur la voie d'une solution. Au cours d'un jeu, chez des enfants de neuf-dix ans, de telles réactions s'étant produites à l'égard des filles qui étaient laissées à leur triste sort d'observatrices des échanges de balle, bien qu'elles fussent partenaires du jeu, il fut décidé de créer une règle obligeant à faire suivre une passe de balle à un garçon d'une passe à une fille ; ceci permit de résoudre la tension en demandant, de la part des joueurs adroits ou plus agiles, un effort appréciable vers l'autre.

Souvent même, parmi les joueurs qui réussissent, on observe des manifestations d'antijeu ; la tricherie en est une. Elle provient de la difficulté qu'a l'enfant de distinguer entre « la causalité objective et la causalité volontaire, entre les obligations inévitables et celles qui sont consenties » (Wallon : « L'Évolution psychologique ») ; l'enfant s'y sous-

trait en trichant. Ceci se produit quand la difficulté des règles « inspire plus la crainte de l'échec que le goût d'en triompher, inflige à l'idée de l'effort un aspect de nécessité rebutante, étouffant le libre élan du jeu et le plaisir qui s'y rattache. Elles peuvent aussi donner l'impression d'une nécessité extérieure quand elles sont le code *imposé* par tous à chacun dans les jeux en commun ». (Wallon, *id.*).

Cette dernière remarque introduit la notion d'arbitraire, et on peut penser que l'introduction de l'arbitre correspond à une démission devant une solution librement consentie dans le groupe pour surmonter l'obstacle ; c'est une fuite, car c'est une référence à un autre statutairement considéré comme incontestable. Il paraît souhaitable, dès les premières initiations aux jeux collectifs de balle, d'apprendre aux joueurs à gérer leur propre jeu, d'accepter de prendre en charge une faute qu'ils auront faite (ce qui est un moyen d'éviter les fautes « volontaires » — transgression de la règle), d'accepter que les autres signalent ces fautes, ce qui est un moyen d'en prendre conscience, donc de les éviter ; accepter ces remarques d'observateurs qui peuvent être des adversaires a une signification tout autre que d'en référer à un arbitre institutionnellement impartial, Apprendre à trancher un différend entre personnes concernées sans se référer systématiquement à un juge est une manière de rendre au jeu sa valeur essentielle d'activité non utilitaire ; c'est sous cette forme que les enfants pratiquent leurs jeux spontanément ; or, dès que l'adulte intervient comme « organisateur », on constate très souvent le contraire : c'est donc que son intervention comporte des aspects critiquables.

La tricherie est aussi favorisée dans la mesure où beaucoup d'importance est accordée par l'adulte au résultat, au succès de l'enjeu, où l'utilitaire est recherché dans une rencontre qui ne devrait point l'être, en particulier si le résultat est institutionnalisé ; il est considéré comme preuve de l'aptitude définitive et durable des gagnants ; mais ceci n'exclut pas que le jeu se déroule, pour l'enfant, en vue d'un résultat proche.

Cette attitude du tricheur est liée certainement à une conscience excessive d'un nécessaire succès final, correspondant à une ignorance du fondement même du jeu librement consenti ou de l'impossibilité d'une liberté de choix. Ainsi que l'écrit Wallon, « le jeu suppose assurément, à l'égard des tendances et habitudes utilitaires, un pouvoir de mise en sommeil, un état de résolution fonctionnelle qui n'est pas le même chez tous ni à tous les instants ».

La tricherie traduit aussi une mauvaise participation au groupe des coéquipiers, dans la mesure où, des erreurs devant se produire dans le jeu, elles ne sont pas envisagées dans le cadre du groupe, mais ramenées à l'individu ; trop souvent, on recherche le responsable, ce qui explique que certains joueurs se comportent, par anticipation, comme éléments dans un groupe et non comme éléments du groupe, à tel point qu'ils revendiquent, par leur

attitude, l'échec du groupe comme une frustration personnelle.

Il conviendrait ici d'analyser les modèles culturels, véhiculés par l'adulte, qui étouffent cet aspect non utilitaire du jeu. En effet, cette attitude peut s'expliquer par un besoin institutionnellement renforcé de se distinguer des autres (être le premier ou le meilleur) et de compter surtout sur soi pour obtenir des récompenses ou éviter des punitions (par conformité avec les propositions des adultes) ; elle va à l'encontre du sens de la coopération. Le succès immédiat ou l'échec sont assimilés à une supériorité ou à une infériorité effective, durable. Ceci se manifeste essentiellement dans les jeux de règles qui ne font pas place au hasard ; la réussite dans ces jeux est beaucoup plus liée que dans les jeux de hasard à l'exercice d'aptitudes, ce qui facilite cette assimilation à une performance définitive.

On peut déjà entrevoir les conséquences lorsqu'un échec se produit alors que le sujet avait acquis la certitude de sa supériorité, ou bien lorsque son âge ne lui permet plus de réaliser les performances de sa jeunesse.

On peut, à la rigueur, comprendre que, lorsqu'il s'agit de répondre à un programme précis d'enseignement, l'adulte soit tenté de viser le résultat pour lui-même et ne perçoit pas quelles aptitudes sont nécessaires à la réussite ; par contre, ceci n'est pas acceptable si l'on veut faire jouer les enfants, puisque le non-utilitaire est ici dominant. La carence des situations coopératives dans certaines activités pourrait parfaitement être redressée par leur application dans les jeux.

On se plaît à souligner la pauvreté de l'invention chez l'enfant ; ceci ne paraît pas juste ; il peut, au contraire, faire preuve d'une riche imagination si les conditions lui en sont offertes ; ce n'est certes pas en lui présentant un modèle à reproduire qu'on y parvient ; l'introduction trop précoce de jeux codifiés et standardisés par l'adulte limite la richesse de son imagination dans ce domaine.

On constate, d'ailleurs, que les enfants résistent assez bien à cette forme de manipulation ; cette résistance se traduit par une sorte de condescendance à l'égard de l'adulte. Ainsi, lors d'un jeu organisé pour des filles de dix ans environ (le ballon prisonnier), les élèves, vers la fin du jeu, clamaient à grands cris le droit d'obtenir une « chance » de la part du maître ; ceci consiste à donner la possibilité à un joueur prisonnier de reprendre sa place comme joueur libre lorsque ses partenaires sont en nombre insuffisant et que le jeu risque de se terminer. Est-ce là une ruse réglée par les enfants pour prolonger le jeu et ne pas retourner tout de suite en classe ? Toujours est-il que le maître pose le problème à la fin du jeu et suggéra aux élèves de décider d'une règle qui puisse libérer certains prisonniers, par exemple ceux qui sont prisonniers

depuis longtemps ; les enfants de répondre : « Eh bien, vous, vous ne servez plus à rien ! ». Ceci nous rappelle que, sans élèves, il n'y a plus de maître...

En dehors de l'intérêt de ces principes d'organisation des jeux, il faut également souligner leur rôle dans l'adaptation de l'enfant à l'espace ; ses rapports avec autrui ne sont pas seulement d'ordre affectif, ce sont aussi des rapports de position, de placement ; la feinte en est une expression vivante ; le tout-petit ne sait pas feinter lorsqu'il veut adresser une balle à un camarade en franchissant l'obstacle matérialisé par un autre camarade et l'induire en erreur ; en dehors de la nécessité d'une certaine adresse, d'un bon équilibre, elle implique la prise de conscience du point de vue spatialisé d'autrui placé en face de soi : simuler un geste qui induise l'adversaire en erreur traduit bien un niveau de décentration de l'enfant.

« Combien de jeux, écrit Wallon, que les enfants s'empruntent d'ailleurs entre eux, s'expliquent par le simple besoin d'entreprendre sur le monde extérieur, afin d'en approprier les moyens à ses propres moyens et pour s'en assimiler toujours plus étroitement des parties plus étendues. » La feinte, la simulation montrent le niveau de l'emprise sur le monde auquel parvient l'enfant à cet âge.

CONCLUSION

Cette courte étude avait pour but d'essayer de montrer les qualités pédagogiques de la formation par le groupe au cours des diverses activités pratiquées par l'enfant, en particulier du jeu. L'attitude définie implique qu'une confiance soit faite à la personne ; elle implique aussi que l'éducateur se libère d'un souci de rendement toujours préjudiciable à la qualité de l'exécution ; elle peut permettre un entraînement à contrôler les relations affectives ; elle s'appuie sur l'hétérogénéité d'un groupe qui, loin de la bloquer, est une source d'échanges et de réflexions. Les influences qu'on peut attendre d'une telle attitude peuvent être :

- de libérer l'expression de soi et l'authenticité à l'égard d'autrui ;
- de favoriser la communication ;
- de donner à l'autorité une forme démocratique — le maître devient un consultant et non le détenteur du modèle idéal à respecter ;
- de renforcer l'autodiscipline et la prise de responsabilité à plusieurs.

L'aboutissement de ces principes est la socialisation de l'enfant, si l'on entend par ce terme « pas essentiellement l'apprentissage du répertoire des conduites jugées acceptables dans le milieu », mais « l'acquisition de l'aptitude à effectuer les efforts de l'adaptation sociale continue et de la capacité de résistance à la tension du lien social. (Mucchielli : « Comment ils deviennent délinquants ». *E.S.F.*)

L'ADAPTATION PHYSIOLOGIQUE A LA PLONGÉE PROFONDE EN APNÉE

par le Docteur GUILLERM

« 1870-1970. Il y a cent ans, Paul Bert découvrait la bradycardie de submersion. »

Le milieu marin a toujours été considéré comme hostile et impropre à la pénétration de l'être humain. Il faut cependant se rappeler que notre conditionnement aérobie actuel ne représente, dans l'histoire de la terre, qu'un modeste artéfact, conséquence de l'adaptation de certaines lignées génétiques à des modifications de milieu créées par la fonction chlorophyllienne des végétaux.

Reconnaissons que cet oxygène, qui n'était au départ qu'un excreta ou une pollution, a permis des synthèses protéiques de plus en plus complexes, indispensables à l'évolution de l'intelligence. Il n'en reste pas moins que l'anaérobiose, ou du moins cet état intermédiaire, que nous avons baptisé hypoaérobiose, constitue l'habitus normal de la presque totalité des animaux vivants (39). Le fœtus humain lui-même est un animal hypoaérobique. L'adulte, également, par le fait de la vie en altitude, d'effort sportif ou, tout simplement, de maladie, se trouve très souvent en hypoaérobiose. Si l'on soulève le voile sur son fonctionnement cellulaire (10), on réalise qu'il respire en anaérobiose par son cytoplasme et en aérobie uniquement par ses mitochondries (25), lesquelles mitochondries sont, de plus en plus, considérées comme des organites parasitaires, anciennes bactéries vivant en endosymbiose parfaite, bien qu'elles aient gardé leur A.D.N. personnel (38).

Il ne faut donc pas s'étonner d'entendre parler d'une adaptation physiologique de l'homme (ainsi que des autres vertébrés supérieurs) à la plongée en apnée (38).

Il s'agit même d'un centenaire, car c'est en 1870 que Paul Bert, premier en ce domaine, comme en beaucoup d'autres, découvrit la bradycardie de submersion chez le canard. Il fut suivi par Richet et bien d'autres et, de nos jours, principalement par Irving et Scholander aux U.S.A., Corriol en France, Ricci en Italie, Paulev au Danemark.

Ces travaux ont bénéficié d'un matériel expérimental excellent puisque divers animaux, et très près de nous, en particulier, les mammifères plongeurs, ont retrouvé le chemin du milieu marin et, avec lui, les mécanismes physiologiques d'adaptation à l'apnée, et aussi à l'apnée en profondeur (37).

L'homme possède, à un degré moindre, évidemment, ces mêmes réflexes physiologiques d'adaptation. Lorsque l'on y regarde de près, cette adaptation présente un caractère tellement privilégié qu'il faut bien rechercher son explication dans une résurgence de consignes ancestrales de survie, inscrites dans un petit coin de nos A.D.N.

Il nous semble indispensable d'étudier séparément :

1° l'adaptation physiologique, et plus particulièrement cardio-vasculaire, à la plongée en apnée ;

2° l'adaptation physiologique à la profondeur en apnée, et plus particulièrement aussi l'adaptation cardio-vasculaire, fort mal connue, car, si l'on s'est attaché à expliquer l'absence d'aéroembolie chez les mammifères marins, on s'est rarement posé la question de savoir quelle pouvait être l'adaptation cardio-vasculaire chez un poisson, par exemple, montant et descendant entre 0 et 50 mètres.

L'ADAPTATION CARDIO-VASCULAIRE A LA PLONGÉE EN APNÉE

L'adaptation physiologique à la plongée en apnée comporte trois éléments (19, 20) :

- a) l'augmentation de l'apport initial d'oxygène,
- b) le perfectionnement du stockage,
- c) l'économie de consommation.

Nous nous occuperons seulement de ce dernier élément, car si les deux premiers revêtent surtout un caractère d'adaptation acquise, lui, par contre, représente le réflexe de survie immédiat de l'orga-

nisme aérobie plongé dans un milieu anaérobie, et il se traduit principalement par une adaptation cardio-vasculaire (23).

1° Caractères de l'adaptation cardio-vasculaire

Cette adaptation est surtout caractérisée par la bradycardie de submersion et par la vasoconstriction périphérique.

Les conditions d'apparition de cette bradycardie de submersion montrent qu'elle est mal nommée. En effet :

- la simple immersion de la face la déclenche (14) ;
- la simple apnée à l'air libre la déclenche (14, 28) ;
- la vitesse avec laquelle elle s'instaure est un bon indice d'une meilleure performance (7, 8).

Divers facteurs physiologiques l'influencent :

- l'hyperventilation, le froid, le travail physique (36), des mets copieux la retardent (36) ;
- l'entraînement en immersion l'améliore (14, 3).

L'examen électrocardiographique montre principalement :

- un allongement important des ondes T et P,
- une légère augmentation d'amplitude de P et R,
- le respect du complexe QRS.

On a décrit un certain nombre de modifications accessoires de l'électrocardiogramme, en particulier de l'onde T. Ces aspects se rapprochent de ceux signalés par Plas, Talbot et Leclercq, au cours de l'effort sportif en général, et ne paraissent donc pas caractéristiques de la plongée.

Il faut donc retenir :

- un ralentissement du rythme sinusal,
- un léger ralentissement de la conduction auriculo-ventriculaire.

Il en découle nécessairement :

- un ralentissement de la vitesse de raccourcissement des fibres musculaires,
- une diminution du travail cardiaque externe (35), donc...
- une diminution de la consommation d'oxygène myocardique, donc
- une diminution du débit coronaire.

Le deuxième facteur, la vaso-constriction périphérique, qui dépend des récepteurs α , intervient également en augmentant les résistances périphériques, d'où :

- tension artérielle inchangée,
- volume systolique inchangé.

Ajoutons que l'atropine inhibe la bradycardie de plongée (13).

2° Comparaison avec la stimulation sympathique et le blocage des récepteurs

(1, 4, 5, 8, 11, 16, 17, 31)

Il ne faut pas aller loin en physiologie cardio-vasculaire pour retrouver une synergie d'actions inhibitrices dont le parallélisme peut difficilement s'attribuer au hasard. Nous vous laisserons simplement regarder les tableaux résumant l'action du sympathique sur les récepteurs et son inhibition par les agents bloquants. (Tableau I).

TABLEAU I

Comparaison de l'adaptation cardiovasculaire à l'apnée avec la stimulation et le blocage du sympathique

	Stimulation du Sympathique	Blocage des Récepteurs	Adaptation à l'Apnée
Rythme cardiaque	↗	↘	↘
Ondes T . P	↘	↗	↗
Ondes P . R	↘	↗	↗
Complexe QRS		Inchangé	Inchangé
Vitesse de raccourcissement Fib.mus.	↗	↘	↘
Débit cardiaque	↗	↘	↘
Travail cardiaque externe	↗	↘	↘
Débit coronaire	↗	↘	↘
Apport d'O ₂	↗	↘	↘
Consommation d'O ₂	↗ 400 %	↘ 30 %	↘
Bilan d'O ₂	↗	↗	↗
Tension Artérielle	↗	Inchangée	Inchangée
Volume systolique	↗	Inchangé	Inchangé
Action de l'Atropine	Inhibition	Inhibition	Inhibition

On retrouve l'inhibition des effets chronotrope, dromotrope et inotrope, le respect de l'effet bathmotrope, les diminutions consécutives du débit cardiaque, du travail cardiaque externe, de la consommation d'oxygène du myocarde, du débit coronaire, tout ceci par blocage des récepteurs β .

Une autre conséquence du blocage de ces récepteurs est la disparition du tonus vasculaire vasodilatateur, favorisant l'action vaso-constrictrice des récepteurs α , ce qui entraîne le maintien de la tension artérielle et du volume systolique.

On peut donc conclure que l'adaptation cardio-vasculaire à la plongée en apnée développe une action inhibitrice cardio-vasculaire comparable en de nombreux points au blocage des récepteurs sympathiques β .

3° Interprétation : l'effort de sporulation

Il serait imprudent de conclure d'emblée que l'apnée ou l'immersion en apnée provoquent la libération d'un médiateur chimique analogue aux β -bloquants.

Il faut voir plus largement le phénomène et, tout d'abord, s'interroger sur la signification exacte de l'hypothèse d'Alquist, car il s'agit bien d'une hypothèse, même si elle est remarquablement fructueuse. La cellule est vigoureusement défendue par une

membrane très étanche et déployant un champ électrique répulsif. La notion de récepteurs α et β , que l'on identifie parfois à l'adénylcyclase, traduit la variation de perméabilité de la membrane cellulaire. En effet, les récepteurs sont très sensibles aux stress physiques (effort, travail musculaire) et psychique (peur, anxiété), qui, par leur intermédiaire, stimulent l'A.M.P. cyclique ou deuxième messenger, selon le mécanisme bien connu (tableau II) et augmentent la consommation d'oxygène (6, 11, 27, 34).

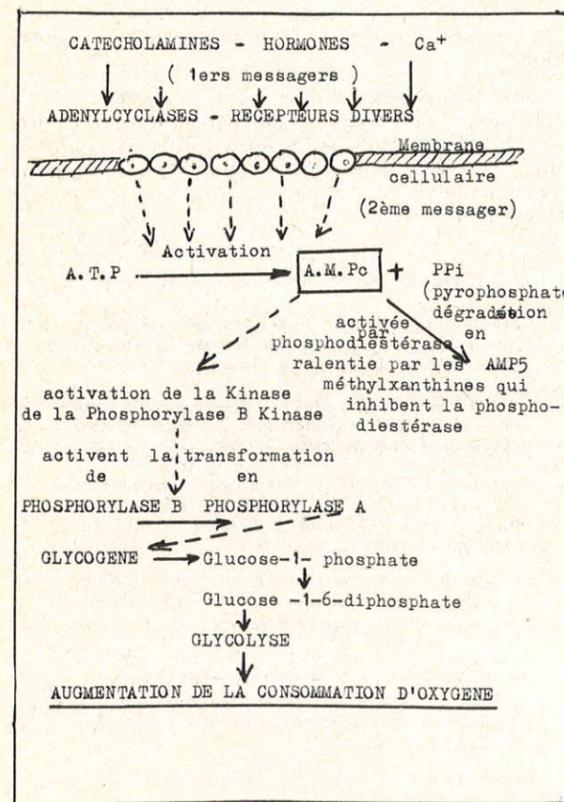
Le blocage des récepteurs adrénérgiques β , tout comme l'adaptation cardio-vasculaire à la plongée en apnée, se traduit donc par une imperméabilisation de la membrane cellulaire, ce qui correspond fictivement à la production d'une « coque ».

Voici donc, transposée à l'échelle du pluricellulaire, la réaction de l'unicellulaire qui, pour assurer sa survie dans un milieu défavorable, s'entoure d'une coque imperméable et devient spore.

L'adaptation physiologique à la plongée en apnée, qu'il faut interpréter, elle aussi, comme une réaction de survie, produit à l'échelle du pluricellulaire ce que nous appelons « l'effet de sporulation ». Ceci explique sa parenté avec le blocage des récepteurs adrénérgiques β destinés, eux aussi, à assurer la survie de la cellule à travers de multiples stress. Nous n'avons pas parlé de l'action métabolique des β -bloquants. Il serait intéressant de vérifier expérimentalement si la plongée en apnée détermine également une diminution de la libération des acides gras et une inhibition de la glycogénolyse hépatique et musculaire.

TABLEAU II

Rôle de la perméabilité de la membrane cellulaire



L'ADAPTATION CARDIO-VASCULAIRE A LA PLONGÉE PROFONDE EN APNÉE

La plongée profonde en apnée pose un certain nombre de problèmes que nous connaissons, dans l'ensemble, fort mal (30) :

1. le risque d'aéroembolie,
2. la subgravité,
3. les modifications hémodynamiques du variostatisme,
4. l'adaptation cardio-vasculaire à la profondeur,
5. la résistance à la compression.

Nous laisserons de côté le problème de l'aéroembolie, qui a donné lieu à de nombreuses études, tant chez les mammifères marins que chez les plongeurs polynésiens (accidents du Taravana) et les Amas japonais.

Les autres problèmes n'en font, en réalité, qu'un seul. Il s'agit de définir les ajustements cardio-vasculaires chez un sujet que la poussée d'Archimède place en subgravité ; qui, de plus, modifie constamment sa posture et sollicite donc en permanence sa régulation orthostatique (18, 40) et qui, surtout, doit opposer à la compression ambiante l'incompressibilité de ses volumes circulatoires.

1° L'épineuse question des records

Une alternative délicate divise, depuis un an, la Confédération mondiale des activités subaquatiques : faut-il homologuer (et donc, en quelque sorte, cautionner) les records du monde de plongée profonde en apnée ? Car, après l'Américain Bob Croft (73 m), l'Italien Enzo Majorca (72 m), voici que le Français Jacques Mayol vient d'atteindre l'incroyable profondeur de 80 m, au cours d'une apnée de 4 minutes ! A la Commission médicale de la C.M.A.S., nous refusons absolument d'entériner une telle course à la mort, car nous sommes parfaitement conscients qu'à ce stade, le point de rupture est si ténu que l'on peut craindre à tout instant un accident sans retour (15, 28, 32, 33).

Cependant, et très honnêtement, il faut reconnaître que de telles performances ont fait avancer considérablement nos connaissances dans le domaine de la plongée profonde. Tout d'abord, la durée des apnées consenties confirme la thèse que nous avons développée dans nos travaux sur la vie et la plongée en apnée, à savoir que, dans l'avenir, la meilleure solution ne sera pas de fournir de l'oxygène au plongeur, mais de lui apprendre à s'en passer (19). Mayol, adepte des méthodes « zen », choisit évidemment la voie de la sous-consommation d'oxygène.

Mais le plus important est la mise en échec de la loi qui mesurait la tolérance à la compression par le rapport entre le volume pulmonaire total et le volume de réserve (12). Le rapport s'écrit ainsi, si l'on fait intervenir le volume de l'espace mort, qui s'ajoute aux deux facteurs, et la différence entre l'oxygène consommé et le CO₂ rendu (très inférieur) :

$$P = \frac{V_{pt} + V_{em}}{V^2 + V_{em} - (V_{O_2} - V_{CO_2})}$$

soit, pour un volume pulmonaire de 6 litres, un volume de réserve de 1,5 l, un espace mort de 0,4 l et une perte de volume pulmonaire de 0,5 l, une profondeur théorique permise de 45 m, et l'on remarque que nous nous sommes mis dans des conditions sur-optimales, ce qui n'est même pas le cas de Mayol.

« Blood-shift », pouls veineux profond, érection pulmonaire :

La tolérance à la compression en plongée profonde implique nécessairement le colmatage de la cage thoracique par un liquide incompressible, donc par des ajustements cardio-vasculaires permettant le reflux du sang dans cette région (2).

Si l'homme ne dispose pas de ces pouls veineux de réserve que constituent les *relia mirabilia* des mammifères plongeurs, il possède cependant un pouls veineux interne (22) composé par le réseau veineux profond à musculature lâche, par opposition au réseau veineux des membres, beaucoup plus résistant.

Schaeffer a donné le nom de *blood-shift* à ce reflux massif du sang veineux des membres vers le pool interne, lors de la plongée en apnée. De plus, on sait que le réseau capillaire veineux du poumon possède un coefficient considérable de dilatation (9, 29). Ricci, se basant sur l'augmentation de volume des oreillettes constaté chez les cosmonautes en apesanteur, pense que la subgravité du plongeur réalise des conditions, donc des effets similaires (30).

Nous avons également fait remarquer que, lorsqu'un container flasque est rempli de liquide sous pression, il devient rigide (21).

C'est le cas de l'érection sexuelle. Il est logique de penser que le remplissage du lit veineux capillaire pulmonaire accroît sa rigidité et que tous ces facteurs permettent une très grande tolérance à la compression. Le danger est grand, car la pression intracavitaire cardiaque doit s'élever considérablement, et la loi de Starling a quand même des limites (26).

CONCLUSIONS

L'être humain présente une adaptation remarquable à la plongée en apnée, et il peut réduire sa consommation d'oxygène en la réservant aux organes nobles. Cette adaptation rentre dans le cadre des réflexes de survie qui, sur le plan cellulaire, n'est pas sans analogie avec le phénomène de sporulation.

Nous connaissons moins bien l'adaptation à la profondeur (24). Nous commençons à comprendre comment l'organisme se protège contre la compression, mais il existe certainement une adaptation physiologique à la profondeur dont les lois restent encore à découvrir.

ABRÉGÉ DE BIBLIOGRAPHIE

- ADVENIER (Ch.) [Paris] : Actions pulmonaires des inhibiteurs β -adrénergiques. *Le Journal de thérapeutique*, mars 1970, t. I, n° 3, pp. 135-136.
- ARNULF (G.) & CIER (J.-F.) : Vasomotricité coronarienne, viscérale et périphérique. Etude comparative. *Archives maladies du cœur et des vaisseaux*, janv. 1967.
- BARTELS [Tübingen] : Mécanisme d'adaptation à des PaO₂ faibles et à des PaCO₂ élevées. Deuxième Colloque intern. *L'homme et l'espace* (Paris, juin 1965) [Documents Geigy].
- P^r BOISSIER (J.-R.) & GIUDICELLI (J.-F.) [Paris] : Pharmacologie des stimulants et des inhibiteurs des récepteurs adrénergiques. *Feuillets du Praticien*, avril 1968, t. XXXIII, n° 4.
- P^r BOISSIER (J.-R.), ADVENIER (C.) & GIUDICELLI (J.-F.) [Paris] : Action cardiaque des inhibiteurs adrénergiques. *Gazette médicale de France*, 25 janv. 1969, t. LXXVI, n° 3.
- BOUSQUET (M.) : L'A.M.P. cyclique. *Concours médical*, 25 oct. 1969, 91-133.

- BOVE (A.) [U.S.A.] : La bradycardie de plongée : un index du besoin d'entraînement. Travail de l'Université Temple. Rapp. par ACTUA, nov. 1969, vol. I, n° 13.
- BRAUNWALD (E.), SONNENBLICK (E.H.), ROSS (J.), GLICK (G.) & EPSTEIN (S.) [Bethesda] : An analysis of the cardiac response to exercise. *Circulation research*, march 1967, vol. XX et XXI, suppl. n° 1.
- CARLIER (J.) : Contribution à la pharmacologie de la circulation pulmonaire. *Acta Cardiologica*, 1966, suppl. 12, 1-183.
- COHEN (G.) : Le métabolisme cellulaire et sa régulation. Edit. Hermann (Paris, 1967), collection *Méthodes*.
- COLEMAN (H.N.), SONNENBLICK (E.H.), BRAUNWALD (E.) [Bethesda, Maryland] : Mechanism of the Norepinephrin induced stimulation or myocardial oxygen consumption as studied on the isolated cat papillary muscle. *Circulation*, oct. 1967, vol. XXXV et XXXVI, suppl. 2, pp. 11-89.
- P^r CORRIOL (J.) [Marseille] : Profondeur limite de la plongée en apnée. Mise au point physiopathologique. *La Presse méd.*, 12 mars 1966.
- P^r CORRIOL [Marseille] : Physiologie et physiopathologie de la plongée en apnée. Ed. Masson, 1967.
- P^r CORRIOL (J.-H.) & ROHNER (J.-J.) [Marseille] : Nouvelles données sur la bradycardie du plongeur en apnée. *Revue physiol. subaquatique et Méd. Hyperbare*, mars 1968, n° 1, pp. 24-27.
- E.H.M., O.F. [Heidelberg] : Les dangers de la plongée libre. Documents Geigy, *Nautilus*, 3, 1967.
- GIUDICELLI (J.-F.) [Paris] : Mécanisme d'action des sympatholytiques et des adrénolytiques. *Gazette méd. de France*, 25 janv. 1969, t. LXXVI, n° 3.
- GIUDICELLI (J.-F.) : Pharmacologie des inhibiteurs adrénergiques. *Journal de thérapeut.*, mars 1970, t. I, n° 3.
- GRANDPIERRE (R.) [Bordeaux] : Régulation orthostatique lors des modifications de pesanteur. Dans *La régulation orthostatique*. Table ronde Sandoz, Monaco, 1969. Ed. L'Expansion, Paris, 1970.
- GUILLEM (E.) [Brest] : La vie et la plongée en apnée. Ed. DIMEO (1969), 57, av. J.-Jaurès, 94-Arcueil.
- GUILLEM (E.) [Brest] : La vie et la plongée en apnée. Principes et bases de la physiologie hypoaérobie. *Médecine du Sport*, 1970, n° 2.
- GUILLEM (E.) [Brest] : Nouveaux concepts physiologiques concernant la plongée libre. *Médecine du Sport*, 1970, n° 3.
- KAPPERT (A.) [P.D., Berne] : Etat actuel de la phlébologie. *Ciba Symposium*, 1967, vol. XV, n° 4.
- LABORIT (H.) : Les régulations métaboliques. Ed. Masson (Paris), 1965.
- P^r LAMBERTSEN (C.J.) [Pensylvanie, U.S.A.] : Limites et progrès de l'activité humaine aux profondeurs de la mer. *Triangle*, sept. 1968, vol. VIII, n° 3.
- P^r LE FORT (M.) [Paris-Orsay] : Plastiques et mitochondries, unités biologiques élémentaires. Dans *Biogénèse*. Exposés annuels de Biochimie cellulaire J.-A. Thomas. Ed. Masson, 1967.
- LUXEREAU (P.) [Paris] : Le débit cardiaque et ses facteurs d'adaptation. *La Revue de Médecine*, 28 sept. 1970, n° 32.
- P^r MOREL (F.) [Paris] : L'adénosine monophosphate cyclique, médiateur intracellulaire de l'action de nombreuses hormones. *Triangle*, 1970, vol. X, n° 2, t. II.
- PAULEY (P.E.) [Copenhague] : Perte de conscience pendant la plongée en apnée et l'apnée à l'air libre. *Revue Physiol. Subaquatique et Méd. Hyperbare*, mars 1968, n° 1, pp. 16-20.
- POLICARD (A.), COLLET (A.) & MARTIN (J.-C.) : La micro-circulation du poumon chez l'homme. *Presse méd.*, 20 mai 1965.
- RICCI (G.C.) [Livourne] : Nouvelle orientation et aspects physiologiques de l'immersion profonde en apnée. *Revista di Neurobiologia dell'Universita di Perugia*, août-sept. 1969, vol. XV, fasc. 3.
- ROUFFY (J.) [Paris] : Les récepteurs adrénergiques. Structure. Répartition. Intérêt thérapeutique des agents bloquants. *Le Progrès méd.*, 10 janv. 1968, t. XXVI, n° 1-2, pp. 5-14.
- SCIARLI (R.) [Marseille] : La plongée libre. *Cinésiologie*, 1967, 6^e année, n° 2.
- SCIARLI (R.) [Marseille] : Le rendez-vous syncopal des sept mètres. *Rev. de Phys. Subaquatique et de Méd. Hyperbare*, mars 1968, n° 1, pp. 21-23.
- SUTHERLAND (E.W.), ROBISON (G.A.) & BUTCHER (R.W.) [Nashville, Tennessee] : Some aspects of the biological role of AMP 3-5 (Cyclic AMP). *Circulation*, February 1968, vol. XXXVII.
- SONNENBLICK (E.H.), ROSS (J.Jr) & BRAUNWALD (E.) [Boston, Massachusetts et Bethesda, Maryland] : Oxygen consumption of the heart. *The American Journal of Cardiology*, sept. 1968, vol. XXII.
- SMIT (P.J.) [Pretoria] : Influence de la plongée en apnée avant et après les repas sur certains processus physiologiques. *Revue de Physiologie subaquatique*, déc. 1968, t. I, n° 2, pp. 88-93.
- STENUIT (R.) : Dauphin, mon cousin. Editions Arts et Voyages LDM, Bruxelles, mars 1967.
- P^r THOMAS (J.-A.) [Paris] : Remarques sur DNA mitochondrial et sur l'endosymbiose. Dans *Biogénèse*. Exposés annuels de Biochimie cellulaire. Ed. Masson, Paris, 1967.
- THOMAS (J.-A.) [Paris] : Problèmes de métabolismes respiratoires et d'oxydation cellulaire. Masson, Paris, 1963.
- VADOT (L.) [Grenoble] : Hémodynamique de la régulation orthostatique. Dans *La régulation orthostatique*. Table ronde Sandoz, Monaco, 1969. Ed. L'Expansion, Paris, 1970.

ABONNEMENTS-RÉABONNEMENTS

Le montant de l'abonnement annuel est fixé à 15 F (France et Union Postale), 17 F (étranger) pour trois numéros correspondant aux trois trimestres scolaires.

Nous prions nos abonnés de bien vouloir effectuer leur versement au

C. C. P. 131.67, Bordeaux
de la

**SOCIÉTÉ DES PROFESSEURS
D'ÉDUCATION PHYSIQUE MÉDECINS**

45, avenue de Sceaux, 78 - VERSAILLES

CORRESPONDANCE

Toute la correspondance intéressant le service de notre Revue doit être adressée au

Docteur ALLEMANDOU André

45 (ex 11), avenue de Sceaux
78 - VERSAILLES.

Les abonnements contractés en cours d'année comportent obligatoirement la fourniture des trois numéros de l'année scolaire.

Les chèques de virement doivent être adressés directement au Centre de chèques.