

LES CAHIERS  
SCIENTIFIQUES  
*d'Education Physique*



QUATRIÈME ANNÉE

**SEPTEMBRE et DÉCEMBRE 1965**

# LES CAHIERS SCIENTIFIQUES *d'Education Physique*

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

---

## Prix de la Société des Professeurs d'Education Physique - Médecins

La Société des Professeurs d'Education Physique - Médecins a décidé de créer, pour les abonnés aux **Cahiers Scientifiques d'Education Physique**, **UN PRIX DE MILLE FRANCS** (100.000 anciens francs) destiné à récompenser le meilleur travail consacré au sujet :

### « Apprentissage et pédagogie du mouvement »

Les candidats devront adresser leur texte, dactylographié, **avant le 15 mars 1966**, au

**Docteur ALLEMANDOU**

**11, avenue de Sceaux — VERSAILLES (S.-et-O.)**

L'envoi doit être strictement **anonyme** et ne comporter qu'une devise reproduite par ailleurs sur une enveloppe fermée contenant le nom et l'adresse du candidat et qui ne sera ouverte qu'après l'attribution du prix.

Selon la valeur des travaux reçus, qui deviendront la propriété définitive de la Société, le prix, exceptionnellement, pourra être partagé entre plusieurs candidats ou ne pas être décerné.

## SOMMAIRE

Tonus musculaire et dynamogénie .....	G. AZÉMAR
Application de la méthode psycho-cinétique à l'école primaire .....	Docteur J. LE BOULCH
Dette d'oxygène et entraînement .....	Docteur ASSAILLY

## TONUS MUSCULAIRE ET DYNAMOGÉNIE

par G. AZÉMAR

### PLAN DE L'ARTICLE

- I. — **Définition et finalité du tonus musculaire.**
- II. — **Support structural musculaire du tonus.**
  - a) *Evolution des méthodes d'étude.*
  - b) *Hypothèse sur une spécialisation des structures musculaires.*
  - c) *Les fuseaux neuro-musculaires.*
  - d) *Les autres proprio-récepteurs musculaires.*
- III. — **Intégration de la fonction tonique aux structures effectrices de la motricité.**
  - a) *Régulation segmentaire de la motricité :*
    - 1° La boucle gamma.
    - 2° Le principe d'inhibition réciproque.
    - 3° Les circuits de Renshaw.
  - b) *Régulation intersegmentaire de la motricité :*
    - 1° L'animal spinal.
    - 2° Les voies polysynaptiques et le réseau d'interneurones.
  - c) *Régulation suprasegmentaire de la motricité:*
    - 1° Influences des mutilations du névraxe:
      - α) L'animal privé de cortex cérébral.
      - β) L'animal décérébré.
      - γ) L'animal décérébellé.
    - 2° Centres et voies de régulations supra-médullaires :
      - α) Le cervelet.
      - β) Le noyau rouge.
      - γ) Les noyaux gris de la base.
      - δ) L'hypothalamus.
      - ε) Le cortex cérébral.
- IV. — **Les sources dynamogéniques.**
  - a) *Les afférences sensitivo-sensorielles de la régulation tonique spécialisée au para-cinétique.*
  - b) *Les afférences sensitivo-sensorielles de la régulation tonique générale « de vigilance » ;*
    - 1° L'isolement sensoriel.
    - 2° Les limites des stimulations adéquates.
    - 3° Le rôle particulier de la pesanteur.
    - 4° La relaxation et les méthodes de rééducation psycho-tonique.
    - 5° Conclusion.
  - c) *L'activité corticale.*
  - d) *Les facteurs humoraux.*
- V. — **Régulation centrale de la dynamogénie.**
  - a) *Les formations réticulaires :*
    - 1° Les systèmes ascendants.
    - 2° Les systèmes descendants.
    - 3° La synchronisation fonctionnelle des systèmes réticulaires.
    - 4° La notion de vigilance.
  - b) *Aspects physiopathologiques :*
    - 1° Les hypertonies.
    - 2° Les hypotonies.
    - 3° Résumé.
  - c) *Schéma général :*
    - 1° Régulation du tonus « spécifique » dans le cadre de l'activité cinétique :
      - α) Le mouvement « réflexe ».
      - β) Le mouvement « automatique » (holocinèse).
      - γ) Le mouvement « volontaire » (idiocinèse).
    - 2° Régulation du tonus diffus dit « de vigilance » :
      - α) Les formations réticulaires bulbo-mésencéphaliques.
      - β) Le réseau d'interneurones médullaires.
      - γ) Le tonus musculaire et l'activité cinétique.
    - 3° Perspectives éducatives :
      - α) La maturation du tonus.
      - β) La rééducation du tonus.

## 1. — DÉFINITION ET FINALITÉ DU TONUS MUSCULAIRE

Il y a loin de la définition classique du tonus musculaire : « Tension légère à laquelle se trouve normalement soumis tout muscle squelettique à l'état de repos », à celle de J. Paillard (1963) : « La fonction tonique assure un état de préparation de la musculature qui la rend apte aux multiples formes d'activité ».

La première définition, qui date à peu près des travaux de Brondgeest (1860), ne marque guère de progrès sur les révélations de Galien (200 av. J.-C.) qui qualifiait déjà de « tonique » l'activité musculaire qui ne s'accompagne pas de mouvement. Entre-temps, J. Müller (1886) désignait ainsi « la légère tension contractile dans laquelle se trouve en permanence tout muscle squelettique normal non directement engagé dans la performance d'un acte spécifique ».

Au début de ce siècle, Sherrington attirait l'attention sur la nécessité d'intégrer le tonus musculaire dans une activité organisée du système nerveux. C'était déjà pour lui « l'activité posturale des muscles qui fixe les articulations dans des positions déterminées, solidaires les unes des autres, et compose l'attitude d'ensemble ».

Les auteurs modernes s'accordent pour trouver aujourd'hui trop limitative la définition de Sherrington qui n'envisage pas le tonus dans le cadre de l'activité cinétique. Ainsi, H. Mamo et P. Laget soulignent, dans une récente mise au point (1964) : « L'étude du tonus musculaire constitue un des chapitres les plus vastes et les plus complexes de la neurophysiologie. Vaste, car il n'est pas de formation nerveuse, cérébrale, médullaire ou périphérique, qui n'ait un rôle à jouer dans sa régulation ou dans son entretien. Complexe, car il forme la toile de fond des activités motrices et posturales, préparant le mouvement, fixant l'attitude, sous-tendant le geste, maintenant la statique et l'équilibration ».

La nécessité d'élargir sans cesse des notions que, dans un premier temps, il avait fallu isoler et limiter est un des aspects étonnants de l'évolution des connaissances en physiologie. De même qu'il s'avère arbitraire et stérile de scinder de façon trop limitative le mouvement humain en ses trois aspects fondamentaux — volontaire, automatique, réflexe, — il apparaît aujourd'hui que le tonus décrit comme un état spécifique du muscle squelettique au repos n'est qu'un aspect localisé d'une fonction complexe essentiellement intégrée dans l'organisation générale du système nerveux.

Ainsi, le tonus apparaît déjà au physiologiste comme une fonction spécifique et organisée préparant la musculature aux diverses formes de son activité. Le positionnement antigravitaire des segments du corps selon les différents types de posture en est l'illustration épurée dans des conditions relativement statiques, l'activité posturale étant une manifestation élémentaire de la fonction motrice.

Ainsi, le grand pas accompli par Sherrington en préparait beaucoup d'autres : comment séparer l'activité tonique révélée par les postures de celle qui soutient l'exécution d'un mouvement segmentaire ? Comment, plus généralement, ne pas reconnaître dans la station érigée habituelle de l'homme la manifestation d'un certain niveau de vigilance ? L'homme debout est essentiellement un être en éveil, apte à toute forme d'action motrice susceptible de satisfaire sa nature investigatrice, de l'opposer ou de le soustraire à quelque menace.

À l'état de repos — sommeil normal en décubitus — subsiste une expression plus élémentaire du tonus que l'on peut encore considérer comme une manifestation *a minima* des nécessités fondamentales de vigilance caractéristiques de toute vie organique émancipée. La fonction tonique est alors maintenue à un niveau basal par les structures réticulaires du tronc cérébral au moyen des voies réticulo-spinales que Magonn et Rhines (1950), puis Granit et Holmgren (1955) ont pu individualiser avec précision. H. Mamo peut ainsi noter : « Cette adaptation générale de la vigilance et du niveau d'excitabilité des motoneurons s'avère très satisfaisante sur un plan finaliste, le système effecteur se mettant continuellement en phase avec le tonus dynamogénique cérébral, le somatique épousant les contours du psychique ».

Au terme de cette « escalade », les neuro-physiologistes, astreints par leurs méthodes d'investigation à reclasser sans cesse les séries de données qu'ils accumulent, se trouvent avec un nouveau découpage en fonctions. Celui-ci est plus susceptible d'interférences entre les grands chapitres de la neurophysiologie. La vigilance sous-tend la fonction tonique, qui sert elle-même de support à une fonction motrice aux multiples aspects.

D'autres subdivisions vont encore plusieurs fois recouper celles-ci pour nous permettre de distinguer, par exemple, le tonus de repos, le tonus de posture et le tonus de soutien du comportement moteur, chacun d'eux traduisant, nous l'avons vu, un niveau différent d'une même fonction, mais faisant en outre intervenir chaque fois des structures supplémentaires de l'axe nerveux.

N'insistons pas sur l'indispensable découpage anatomique qui, achevant le quadrillage du système nerveux, permet de déterminer et de dénombrer, étage par étage, les éléments structuraux intervenant dans la fonction tonique.

Pour terminer ce survol préliminaire du vaste domaine conquis par le tonus, il est nécessaire de signaler une différenciation essentielle soulignée par Paillard entre des manifestations « organisées, harmonieusement réparties dans la musculature au service d'une fonction spécifique » — équilibration ou mouvement bien définis — et des expressions plus « diffuses, aspécifiques, de caractère général ».

Les premières représentent la capacité de l'appareil neuro-moteur de « répondre en des figures variées à la configuration des afférences réflexogènes qui les suscitent et les entretiennent ».

Les secondes « relèvent des fonctions générales de vigilance » et « conditionnent l'état d'alerte de la musculature ».

Nous savons déjà que cette différenciation de Paillard se réfère notamment au rôle fondamental des formations réticulaires bulbo-ponto-mésencéphaliques, « centre de dynamogénie responsable de la vigilance organique et régulateur de l'état central d'excitabilité ».

Au niveau de la moelle, des « réseaux d'interneurones » (R.I.N.) sont des foyers de convergence où se résolvent les multiples influences sensitivo-sensorielles s'exerçant sur la voie finale commune. Les observations de Paillard (1955) et les études micro-physiologiques de Kolmodin (1957) ont attiré l'attention sur l'activité spontanée permanente dont ces structures nerveuses sont le siège et sur leur contribution au bombardement tonique de base.

Si le rattachement de ces R.I.N. aux formations réticulaires céphaliques dans le cadre d'un vaste système réticulaire étagé tout au long de l'axe nerveux reste à démontrer, il est toutefois permis de considérer ces structures médullaires comme de véritables systèmes d'amplification, capables d'autorégulation. Adaptant le seuil des réactions locales au rôle revenant à chaque segment au cours de l'acte moteur, ces structures sont les homologues médullaires des formations céphaliques régissant les fonctions générales de vigilance.

## II. — SUPPORT STRUCTURAL MUSCULAIRE DU TONUS

Les critères mécaniques du tonus ayant été constatés sur le muscle même, c'est à son niveau que l'on s'acharna à rechercher en premier lieu un support anatomique différencié capable d'en expliquer la genèse. Le phénomène essentiel qui ne manque pas de frapper tout observateur est la double potentialité du muscle qui est susceptible tour à tour soit d'une activité clonique, rapide et coûteuse, soit d'une activité tonique, lente, soutenue et consommant peu d'énergie, cette dernière présentant de réelles analogies avec l'activité du muscle lisse.

La description par Sherrington, en 1896, de la rigidité décérébrée après section du tronc cérébral entre les tubercules quadrijumeaux le conduisit bientôt à préciser le rôle joué dans ce phénomène par l'exagération d'un réflexe médullaire, le *réflexe d'étirement* ou « stretch reflex » ou encore *réflexe myotatique* suivant la terminologie de Gowers.

Ce fut là la première grande étape proposée aux physiologistes dans la découverte de l'étagement structural d'une fonction tonique.

### a) Evolution des méthodes d'étude :

Les techniques d'étude des manifestations du tonus musculaire ont pu atteindre une rigueur véritablement scientifique lorsque fut proposée aux physiologistes la *méthode myographique*. Elle fut à la base des recherches fondamentales de Sherrington. Réalisant l'enregistrement graphique d'un certain nombre de paramètres — tensions, longueur, temps, — la myographie permettait de résoudre l'appréciation quantitative de la *passivité* du muscle tonique.

En clinique humaine, les critères classiques recherchés quotidiennement par le neurologue, caractères des réflexes dits « tendineux » — réflexe myotatique phasique, — *consistance* et *extensibilité* du muscle, ont fait l'objet, grâce notamment à André-Thomas et Ajuriaguerra (1949), d'une codification rigoureuse.

Mais la connaissance des supports locaux du tonus n'a pu réellement progresser qu'avec les *méthodes électrophysiologiques modernes*. L'électromyographie et l'électromyophonie témoignent avec précision de l'activité électrique respective des myofibrilles et des motoneurons selon leur destination.

### b) Hypothèses sur une spécialisation des structures musculaires :

Le rôle fondamental du fuseau neuro-musculaire à la base du réflexe myotatique nous permettra de lui consacrer un paragraphe spécial. En premier lieu sera envisagée ici la structuration des fibres extra-fusoriales.

Certaines des hypothèses les plus séduisantes doivent être aujourd'hui définitivement abandonnées. Notamment celle qui prévalut durant plusieurs décades, attribuant aux myofibrilles une activité phasique et au sarcoplasme une activité tonique contrôlée par le système sympathique.

Par contre, l'accord semble se faire parmi les physiologistes contemporains sur une *spécialisation de certains muscles ou groupes musculaires*. La distribution dans l'appareil locomoteur de ces groupements différenciés est sous la dépendance d'une sorte de « géotropisme » qui dispose les muscles à *prédominance tonique* — soléaire, demi-tendineux, long biceps — de façon à assurer économiquement le *positionnement antigravitaire* à l'occasion des postures habituelles, par le jeu d'oscillations minimales. Les muscles à *fonctionnement phasique prédominant* — jumeaux, vastes, fessiers — interviennent préférentiellement lorsque s'accroissent les écarts avec la position d'équilibre ou lorsque la locomotion exige l'entretien dynamique d'une mobilisation balistique des leviers osseux.

C'est à Ranvier que revient le mérite d'avoir attiré l'attention sur cette différenciation, observée chez le lapin, en deux sortes de muscles : les muscles de couleur pâle, à fonctionnement phasique, et les muscles de couleur rouge foncé, à contraction lente et tonique.

L'anatomie confirmait l'existence de deux sortes de fibres *extrafusoriales*, rouges et blanches, distribuées en proportions variables dans les muscles selon leur destination prédominante.

L'histologie montrait dans les fibres rouges une plus grande richesse en sarcoplasme et en myoglobine. Krüger (1952) soulignait en outre une différenciation dans la distribution des myofibrilles, observée en section transversale : *Felderstruktur* des muscles à fonctionnement lent, *Fibrillarstruktur* des muscles à contraction rapide.

Les observations électromyographiques chez l'homme de Tokizane (1952) et de l'école japonaise auraient pu laisser croire à une spécialisation plus fine des éléments musculaires. Elles ont prouvé le fonctionnement différencié d'unités motrices à *rythme rapide* (40 à 50 par seconde) et irrégulier, et d'unités motrices de *cadence plus lente* (10 à 15 par seconde) et plus uniforme. Les premières, présentant une activité de type cinétique, se rencontrent en plus grand nombre dans les muscles à fonction phasique prédominante, les secondes abondent dans les muscles de « type tonique ».

Il a fallu attendre 1956 pour que Granit et ses collaborateurs établissent, à partir d'expériences sur le triceps sural du chat, la distinction entre deux sortes de motoneurons répondant de manière phasique ou tonique à une même volée afférente.

Au moyen de micro-électrodes intracellulaires, Eccles (1957) compléta ces observations sur les motoneurons en précisant les caractéristiques électriques de leur décharge :

- d'une part, des *motoneurons à longs potentiels tardifs* positifs, conditionnant des *cadences d'émission lentes* (5 à 20 par seconde), dont les messages parviennent aux muscles par des axones à conduction lente ou fibres alpha de moyen calibre ;
- d'autre part, des *motoneurons à brefs potentiels consécutifs* positifs, conditionnant des *cadences d'émission rapides* (30 à 60 par seconde), empruntant les fibres alpha de gros calibre, plus rapides.

Observant la répartition concordante de ces fibres motrices dans les musculatures différenciées selon leur type d'activité prédominante, Granit proposa, en 1959, d'appeler les premiers « alpha toniques » et les seconds « alpha plastiques ».

En définitive, l'hypothèse d'un support cellulaire contractile différent aux activités toniques et phasiques du muscle strié a été unanimement rejetée lorsque l'électrophysiologie a pu démontrer que les caractéristiques « lente » ou « rapide » de la contraction des myofibrilles devaient être étroitement associées à l'organisation de leur commande. Les deux modes de contraction présentent un aspect tétanique homogène dont la modulation est réglée par l'innervation motrice. Buller (1960) en apportait une illustration spectaculaire en réalisant « l'intervention chez un jeune chat des nerfs moteurs du soléaire et du gastrocnémien médian. L'inversion, après régénérescence nerveuse, des caractéristiques contractiles de ces muscles, témoigne d'une étonnante plasticité d'adaptation du tissu musculaire ».

S'il existe des fibres musculaires associées à des propriétés contractiles particulières, de type lent, assez comparables à celles des fibres lisses, ces fibres ne figurent qu'au sein des fuseaux neuro-musculaires qui ne jouent aucun rôle dans l'activité mécanique du muscle (Leksell, 1945), mais sont des éléments récepteurs recueillant les stimulations du réflexe myotatique.

### c) Les fuseaux neuro-musculaires :

Disposés parallèlement aux fibres extra-fusoriales du muscle, les fuseaux neuro-musculaires sont des organes sensitifs constitués de 1 à 10 fibres musculaires différenciées, de quelques millimètres de long, dans une gaine conjonctive. Ces fuseaux représentent un « véritable muscle intrafusorial, lui-même pourvu d'une innervation motrice » (Morin, 1958) — les fibres gamma, — mais ce muscle est, en outre, investi d'un équipement spécialisé qui en fait le dépositaire d'une fonction sensitive — fibres afférentes Ia et II — essentielle dans la régulation des activités posturales et motrices.

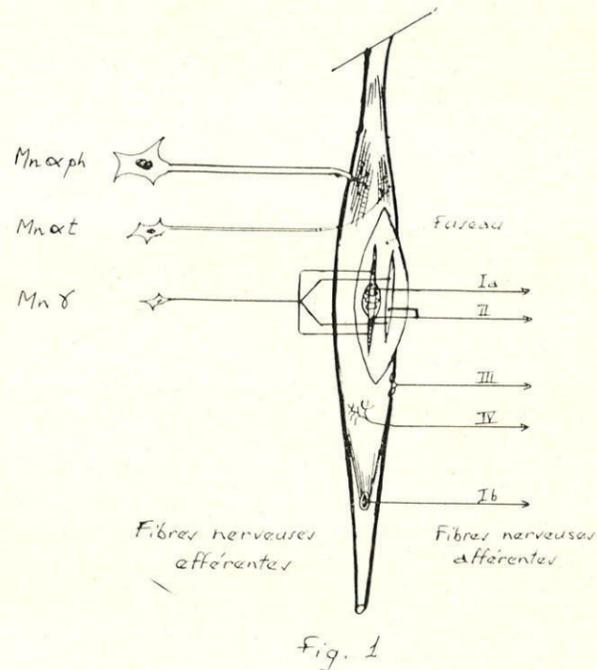
Les données classiques établies en un demi-siècle par Ruffini, Matthews, Lloyd, Krüger, ont été récemment confirmées et complétées par Hunt (1960), Cooper (1960) et Barker (Symposium sur les récepteurs musculaires, Hong-Kong, 1962). [Voir fig. 1].

Les fibres musculaires fusoriales sont de deux types principaux. Les plus grandes présentent, entre deux pôles effilés et striés, une région équatoriale dépourvue de striations et renfermant de très nombreux noyaux ou « nuclear bag ». Les plus petites, fines et courtes, ne présentent pas de renflement équatorial mais une chaîne de noyaux étagés sur toute leur longueur.

Les fibres à sac nucléaire seraient du type rapide, plus sensibles aux tensions. Les plus fines, à chaîne nucléaire, seraient de type lent, assez comparables aux fibres lisses de la vie végétative.

Les terminaisons sensibles sont aussi de deux sortes :

La terminaison annulo-spirale ou primaire est formée par l'une des ramifications terminales d'une fibre afférente myélinique de grand diamètre, à conduction rapide ou fibre Ia de la terminologie de Lloyd (12 à 20  $\mu$  de diamètre). Chaque terminaison s'enroule autour de la partie équatoriale, non striée, d'une fibre musculaire fusoriale à sac nucléaire.



La terminaison en bouquet ou secondaire, en inflorescence, est formée par les ramifications terminales d'une fibre afférente myélinique du groupe II (5 à 12  $\mu$ ). Elle est en rapport soit avec les fibres à chaîne nucléaire, soit avec les fibres à sac nucléaire, en bordure de la portion équatoriale.

Chaque « unité proprioceptive » est caractérisée par une certaine communauté d'innervation, impliquant une synergie fonctionnelle.

Le stimulus spécifique des fuseaux neuro-musculaires est l'étirement musculaire. Les terminaisons annulo-spirales ont un seuil d'activation à l'étirement très bas, estimé à 3 grammes chez le chat (Hunt, 1951). Les terminaisons secondaires ont un seuil nettement plus élevé, 15 grammes chez le chat.

Il peut déjà être intéressant de noter que les fibres Ia s'articulent directement aux motoneurones  $\alpha$ -médullaires, réalisant des arcs réflexes monosynaptiques. Les fibres II s'inscrivent dans des arcs polysynaptiques.

L'innervation motrice du fuseau est assurée par les fins axones — 2 à 6  $\mu$  — des neurones médullaires appelés par Granit motoneurones « gamma » et par Hunt « fusimotoneurones ». Ces fibres gamma représentent le tiers du contingent des axones moteurs empruntant une racine antérieure de la moelle, le reste correspondant aux fibres alpha — 8 à 18  $\mu$ .

Les fusimotoneurones aboutissent à des plaques motrices situées dans les régions polaires striées des fibres intrafusoriales. Les plus grosses fibres nerveuses du contingent gamma innervent les myofibrilles rapides à réponse phasique.

Leksell, puis Kuffler, Hunt et Quilliam, ont montré que les influx transmis par les fibres gamma augmentent la fréquence de décharge des fuseaux lorsque le muscle est au

repos. Ils entretiennent cette décharge lorsque la contraction musculaire tendrait à l'annuler en raccourcissant le muscle.

Nous reviendrons sur le rôle joué par l'activité gamma dans le contrôle indirect du tonus musculaire grâce au circuit schématisé par la boucle gamma.

### d) Les autres proprio-récepteurs musculaires :

Les fuseaux neuro-musculaires qui viennent d'être décrits sont situés dans la partie charnue du muscle. A ces organes sensitifs, sur lesquels repose le mécanisme fondamental du réflexe myotatique, il faut ajouter d'autres types de récepteurs présents dans le muscle strié.

Les organes tendineux de Golgi sont situés dans les tendons et dans les cloisons aponévrotiques intramusculaires. Chaque organe, inclus dans une capsule fibreuse, est formé d'un faisceau de 2 à 6 tendons primaires plus ou moins fusionnés à proximité des fibres musculaires. Les arborisations d'une fibre myélinisée afférente — fibre Ib de 12 à 20  $\mu$  — s'insinuent parmi les tendons primaires.

Le seuil d'activation par étirement est de plus de 100 grammes chez le chat (Hunt).

Au cours de l'activité musculaire, les organes tendineux jouent un rôle inverse de celui des fuseaux. Dans un muscle étiré, tandis que le fuseau neuro-musculaire est à l'origine d'effets dynamogènes — réflexe myotatique de Sherrington,

— le corpuscule de Golgi produit des effets inhibiteurs — réflexe myotatique inverse de Laporte et Lloyd.

Toutefois, le phénomène est différent au cours de la contraction du muscle intéressé. En effet, les corpuscules de Golgi entrent en activité — inhibitrice — pendant la phase de contraction, tandis que les fuseaux suspendent ou ralentissent leur décharge dynamogène pendant cette même phase.

Ce phénomène s'explique parfaitement par les rapports de ces deux types de récepteurs avec les fibres musculaires extra-fusoriales. Les fuseaux sont disposés en parallèle avec ces myofibrilles qui diminuent de longueur en se contractant, neutralisant ainsi le réflexe myotatique. Ce phénomène peut être compensé par l'activité gamma en maintenant la tension du fuseau. Les fibres sensibles golgiennes sont placées « en série » (Fulton) avec les éléments contractiles ; elles réagissent donc à tous les types de tension exercés sur le muscle, qu'il s'agisse d'allongement passif ou de contraction.

Les autres types de récepteurs musculaires, les corpuscules paciniiformes et les terminaisons libres, sont moins connus que les précédents, leurs fibres afférentes se prêtant moins bien à l'analyse électrophysiologique du fait de leur finesse — 1 à 4  $\mu$ .

Il semble toutefois que les corpuscules de Pacini soient innervés par les fibres myélinisées du groupe III et activés surtout par la pression.

Les terminaisons libres semblent en rapport avec des fibres amyéliniques — groupe IV de Lloyd — et sensibles à la douleur, notamment celle d'une contraction prolongée ischémique (Bessou et Laporte).

## III. — INTÉGRATION DE LA FONCTION TONIQUE AUX STRUCTURES EFFECTRICES DE LA MOTRICITÉ

Le support structural du tonus à l'échelon musculaire laisse présager, par le nombre et la spécialisation des voies afférentes ou efférentes, de la permanence des régulations assumées par les différents étages de l'axe nerveux sur l'activité posturo-motrice. L'emprise de la fonction tonique sur ces structures régulatrices se manifeste à tous les niveaux.

« On peut dire que les structures médullaires contiennent en puissance les circuits locaux régulateurs de la posture et l'ensemble des arrangements neuroniques qui permettent l'expression des montages posturaux de la station » (Paillard). Cette organisation de base ne se perd pas au cours de l'évolution phylogénique, comme l'affirmaient les conceptions classiques. C'est plutôt « la docilité de cette machinerie spinale aux commandes supérieures qui s'accroît avec le processus de télecéphalisation ».

L'étude des réflexes médullaires, si elle constitue un précieux moyen d'analyse de l'organisation des voies nerveuses, ne doit pas conduire à une interprétation trop étroite et rigide du fonctionnement des centres. De nombreux physiologistes modernes font une part importante à la plasticité du système nerveux dont témoignent, de nos jours, d'une part les surprenantes récupérations obtenues, chez l'homme spinal, par les méthodes de rééducation (Kuhn), d'autre part l'adaptation assez inattendue des premiers navigateurs de l'espace aux variations extrêmes de la pesanteur et de l'équilibre.

### a) Régulation segmentaire de la motricité :

#### 1° La boucle gamma. (Voir fig. 2).

La boucle gamma est une boucle ouverte, grâce au motoneurone gamma, à de multiples influences venant converger sur la moelle, au niveau d'un riche réseau de neurones intercalaires — R.I.N. ou réseau d'interneurones.

Anatomiquement, cette boucle comprend :

— d'une part, l'arc réflexe monosynaptique, support spécifique du réflexe myotatique de Sherrington. Il commence aux récepteurs annulo-spirales du fuseau, expansion d'une fibre Ia qui transmet directement à la moelle par une racine postérieure les stimuli consécutifs aux tensions les plus légères. Cette fibre sensitive fait synapse avec un motoneurone radiculaire antérieur du type alpha qui innervent les plaques motrices extra-fusoriales d'une unité motrice du muscle intéressé ;

— d'autre part, le motoneurone gamma, innervant les extrémités striées des fibres fusoriales, qui module les décharges du fuseau en fonction de la somme des influences intersegmentaires et suprasegmentaires convergent sur le R.I.N. Les fusimotoneurones peuvent ainsi abaisser le seuil des réflexes d'étirement musculo-tendineux.

Les récepteurs annulo-spirales exercent un contrôle direct de l'activité des motoneurones. Granit et Eccles ont montré (1957) que les motoneurones toniques étaient les plus sensibles à cette influence.

Le motoneurone gamma, en régissant le tonus fusorial, assure en définitive un contrôle indirect du tonus musculaire.

## 2° Le principe d'inhibition réciproque.

Le réflexe myotatique ne se limite pas à l'activation des motoneurones du muscle strié. Les influx des fibres Ia provoquent l'inhibition concomitante des muscles antagonistes. Ce phénomène n'est qu'un cas particulier du « principe d'inhibition réciproque » richement décrit par Sherrington comme un mode fondamental d'organisation du système nerveux.

R. Eccles et Lundberg (1953) ont fait progresser la connaissance des « unités myotatiques » de Lloyd caractérisées, d'une part, par des articulations synaptiques directes de caractère excitateur, des fibres Ia avec les motoneurones du muscle étiré et des muscles synergiques ; d'autre part, par une liaison disynaptique — au moyen d'un interneurone, — de collatérales des fibres Ia avec les motoneurones antagonistes, exerçant sur ces derniers une action inhibitrice qui semble échapper au contrôle des structures supérieures. Ces auteurs ont trouvé plusieurs cas d'organisation plus complexe que l'unité myotatique, mettant en évidence des montages richement structurés.

Le rôle des réflexes myotatiques au cours des mouvements segmentaires est loin d'être complètement connu. Il semble bien difficile de mettre en évidence un rôle du réflexe myotatique, sous cet aspect élaboré, dans le contrôle du tonus. On peut toutefois constater que ce fonctionnement phasique de l'appareil segmentaire, s'il reste plus ou moins soumis au tonus fusorial qui tend à abaisser le seuil du réflexe d'étirement, facilitant aussi le comportement moteur, est, en définitive, un mode d'échappement du segment intéressé au tonus musculaire proprement dit. La contraction tonique va s'exprimer, de façon organisée et intensifiée, en d'autres secteurs de l'appareil locomoteur, soutenant les segments mobilisés.

Il faut donc concevoir le tonus musculaire comme un mode de facilitation de l'activité posturo-motrice se manifestant globalement mais de façon équilibrée et adaptée, dans l'ensemble du système neuro-moteur.

Le tonus obéit, étroitement lié aux fonctions d'équilibration, à des régulations plus hautement intégrées pouvant seules assurer une répartition harmonieuse des influences facilitatrices ou inhibitrices. Il serait donc vain de chercher à l'échelon segmentaire des structures émancipées pouvant contrôler le tonus local. Le réflexe myotatique ne peut retentir sur le tonus que par des voies polysynaptiques complexes relayant dans des centres suprasegmentaires.

Toutefois, le réseau d'interneurones médullaires peut influencer de façon diffuse sur la sensibilité des réactions segmentaires en contribuant à modifier localement le tonus fusorial (activité gamma).

## 3° Les circuits de Renshaw. (Voir fig. 2).

Ces circuits sont constitués par des collatérales à trajet récurrent des axones moteurs alpha. Ils ont été décrits par Renshaw en 1941. Emises à courte distance de l'origine des fibres alpha, ces collatérales s'articulent avec des interneurones médullaires.

Eccles a montré (1960) l'action récurrente freinatrice qu'exercent ces circuits sur les motoneurones alpha et plus particulièrement sur les motoneurones toniques.

Cette influence explique en partie la cadence lente et la régularité d'émission des motoneurones toniques. Sherring-

ton avait déjà tenu les interneurones récurrents pour responsables plus généralement du phénomène de l'after discharge qui permet la circulation persistante d'influx dans la voie efférente et contribue à l'entretien de l'état d'excitation des réseaux d'interneurones. L'after discharge fait défaut dans les réflexes monosynaptiques.

Tout récemment, Granit a montré que les circuits inhibiteurs de Renshaw limiteraient le nombre des éléments actifs dans un « pool » de motoneurones destinés à un groupe musculaire synergique. Par la dispersion de leurs effets au sein de la population neuronale centrale, ils s'opposeraient à toute influence synchronisante. La strychnine, qui bloque les synapses inhibitrices des cellules de Renshaw, produit un « tétanos strychnique » dû à l'activité répétitive synchrone des motoneurones.

Le circuit de Renshaw peut être assimilé à un limiteur de fréquence du motoneurone  $\alpha$ -tonique.

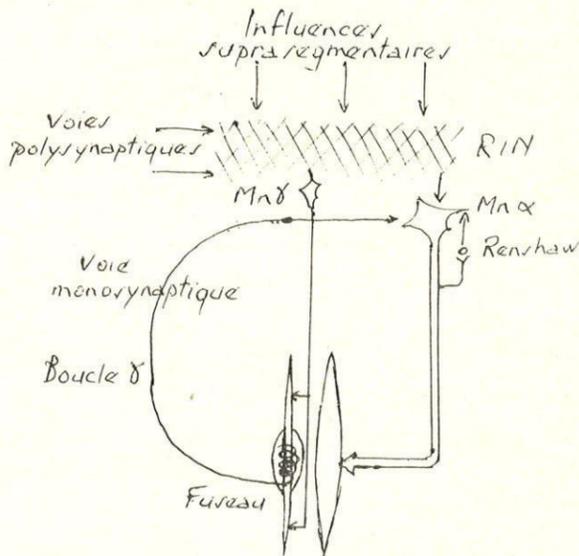


Fig. 2 (d'après Paillard)

## b) Régulation intersegmentaire de la motricité :

### 1° L'animal spinal.

L'efficacité de certaines réponses de l'animal spinal à des stimulations extéroceptives cutanées, comme le réflexe « d'essuyage » de la grenouille et le réflexe de « grattage » du chien, montre la précision cinétique des réactions médullaires aux irritations localisées.

La riche illustration de l'inhibition réciproque intersegmentaire par les classiques réflexes d'extension croisée, de flexion ipsilatérale — obtenu notamment par stimulation des fibres proprioceptives II, III et IV, — d'extension ipsilatérale par pression de la voûte plantaire — ou « poussée d'extension » — manifeste le rôle prépondérant de la moelle dans l'activité locomotrice élémentaire.

Le réflexe myotatique inverse de Laporte, réalisant une inhibition des motoneurones du muscle à la suite de son étirement fort et prolongé, a pour support les fibres Ib

émergeant des organes tendineux. A l'inhibition du groupe synergique intéressé s'associent généralement d'autres réactions croisées de signification posturale.

La finalité cinétique des réactions intersegmentaires est notamment mise en évidence par la stimulation simultanée de deux nerfs afférents symétriques. La réponse la plus fréquente est la contraction alternée des muscles fléchisseurs et extenseurs symétriques.

Ces performances de l'animal spinal révèlent l'intégration à différents niveaux de la moelle de montages codifiés prêts à entrer dans l'édification de comportements plus complexes.

Ce sont, là encore, des structures qui manifestent une certaine indépendance à l'égard de la fonction tonique. Les expérimentateurs ont été unanimes à admettre que l'exclusion des centres encéphalo-bulbaires annule pratiquement tous les mécanismes de distribution du tonus indispensables à la station et à l'équilibration.

Toutefois, le relèvement artificiel de l'état d'excitabilité centrale par des amphétamines (Maling et Acheson, 1946) ou la survie prolongée de préparations spinales à section thoracique (MacCouch, 1947) ont permis chez le chien des stations érigées relativement probantes. Chez l'homme, traumatisé médullaire, Kuhn (1951) a pu obtenir la station à condition d'exercer une pression réflexogénique convenable au niveau du creux poplité.

Il est vrai que ces dernières performances sont fragiles et sujettes à céder à la prépotence des réflexes nociceptifs en flexion. Sherrington avait démontré, en 1906, que les préparations spinales substituaient, à la dominance normale des réflexes proprioceptifs en extension favorisant les postures usuelles, une susceptibilité particulière aux réflexes cutanés en flexion. Cet état peut parfois évoluer chez l'homme spinal mal rééduqué en un véritable spasme en flexion.

La moelle est donc incapable d'assurer une répartition du tonus adaptée à un comportement global. La perte, dans une préparation spinale, de la prépotence des réflexes myotatiques entretenus dans les muscles extenseurs peut être attribuée à la suppression du tonus fusorial.

Ainsi se dégage le rôle bien particulier joué par le réflexe myotatique dans la mesure où il reflète l'activité gamma. Il faut donc souligner la différence de mission du réflexe myotatique selon qu'il est ou qu'il n'est pas soumis à cette influence gamma. Dans le premier cas, il entretient une activité tonique reposant sur la boucle gamma — pattern tonique. Dans le second cas, c'est l'expression d'une activité phasique émanant d'un arc réflexe monosynaptique — pattern phasique — relativement « libéré » de la fibre  $\gamma$ , qui ne peut guère que modifier le seuil de ses réactions.

On peut conclure que la moelle semble surtout susceptible d'une régulation de l'activité phasique spécifique. L'intégration de ces figures cinétiques dans un acte moteur véritable nécessite une distribution organisée du tonus qui se perd avec la section médullaire.

### 2° Les voies polysynaptiques et le réseau d'interneurones. (Voir fig. 2).

Les régulations polysynaptiques rappelées ci-dessus se frayent des voies privilégiées dans le vaste réseau d'inter-

neurones médullaires (R.I.N.). Il est certain que les réflexes médullaires classiques ne sont que les phénomènes les plus apparents de nombreuses intrerreactions qui se répètent longuement dans les différents étages de l'axe nerveux.

D'autre part, le réseau d'interneurones représente, pour Paillard, un « important foyer de convergence pour les influences d'origines diverses qui s'exercent sur la voie finale commune. A son niveau s'élaborent l'état d'excitabilité centrale et ses modes d'expression spécifique ou diffus ».

Kolmodin (1957) a montré, par des méthodes micro-physiologiques, que ces neurones sont le siège d'une activité spontanée permanente. Ils contribuent ainsi au bombardement synaptique de base qui conditionne notamment l'activité des motoneurones gamma.

Parmi les influences venant se sommer sur les plages d'interneurones pour déterminer un certain niveau dynamogénique, il convient de citer en particulier les afférences proprioceptives et les influences centrales. Ainsi, le R.I.N. contribue localement à régler la sensibilité des réactions segmentaires aux conditions du milieu.

## c) Régulation supra-segmentaire de la motricité :

### 1° Influence des mutilations du névraxe.

Ces mutilations, si artificielles qu'elles puissent paraître, contribuent grandement à la connaissance de la fonction tonique en faisant apparaître des déséquilibres caractéristiques dans les influences dynamogènes compétitives qui convergent vers la moelle épinière.

#### a) L'animal privé de cortex cérébral.

La décortication cérébrale du chien n'entraîne pas de nettes modifications de la distribution du tonus dans la station, la position assise ou accroupie, la locomotion.

Dès 1925, Olmsten et Logan ont constaté sur cette préparation une « rigidité de décortication » dès que les pattes de l'animal n'ont plus à supporter le poids du corps.

La destruction de la zone électro-motrice suffit à produire cet état qui diffère surtout de la rigidité de décérébration par son mode d'apparition : la suppression des appuis.

La rigidité de décortication traduit l'exclusion d'influx inhibiteurs corticaux. Ces influx emprunteraient surtout les voies cortico-réticulo-spinales faisant partie des voies extrapyramidales.

#### β) L'animal décérébré.

Réalisée pour la première fois en 1898 par Sherrington, la section du tronc cérébral, entre les tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs, immédiatement au-dessous du noyau rouge ou transrubrique, permet l'observation de la classique « rigidité de décérébration ».

Cet état se traduit par une exagération du tonus des extenseurs posturaux et conduit à une « caricature de station » (Magnus).

Chez certaines espèces arboricoles utilisant habituellement la suspension comme moyen de locomotion, cette mutilation entraîne une rigidité localisée aux fléchisseurs des membres supérieurs, témoignant de leur rôle prédominant antigravitaire, Richter et Bartemeier ; Britton et Kline).

L'animal décérébré ne se meut pas spontanément. Mis debout sur ses pattes, il conserve un équilibre, somme toute assez précaire, car il ne s'agit pas d'une véritable réaction de soutien, comme Rademaker l'a souligné. En effet, il y manque notamment le rôle complémentaire des fléchisseurs nécessaire aux mécanismes d'équilibration. Cette préparation réalise donc un véritable « spasme d'extension, homologue du spasme en flexion des préparations spinales ».

L'origine de cette levée d'inhibition a été longtemps attribuée à l'exclusion du noyau rouge, à la suite de Rademaker (1926). Plusieurs physiologistes n'accordent plus aujourd'hui au noyau rouge un aussi grand pouvoir inhibiteur. Magoun et Rhines (1946), ayant découvert le rôle d'une formation réticulaire puissamment inhibitrice de la motricité spinale, ont permis une nouvelle interprétation du phénomène. La décérébration respecte, en effet, la portion inhibitrice réticulaire du tronc cérébral mais elle exclut les projections qu'elle reçoit du cortex cérébral. Magoun et Rhines attribuent les phénomènes de rigidité à une interruption des influences cortico-réticulaires stimulatrices de cette formation inhibitrice.

L'accord se fait mieux sur le rôle de l'hyperactivité gamma. Constatée par Granit et Kaada (1952), elle est entretenue, comme le confirment Sprague et Chambers (1957), par les actions toniques facilitatrices du noyau de Deiters au moyen d'une voie vestibulo-réticulo-spinale.

Cette hyperactivité de la boucle gamma est confirmée par la disparition de la spasticité après section des racines rachidiennes postérieures.

#### γ) L'animal décérébellé.

La décérébellation, en expérimentation animale comme en clinique humaine, montre que les transmissions essentielles entre l'écorce cérébrale et la périphérie ne sont pas interrompues par les lésions. Le cervelet étant placé « en dérivation sur les voies sensorielles et motrices » (Morin), les lésions n'interviennent que sur des branchements latéraux.

Les effets essentiels de l'ablation sont des troubles du redressement, de la station, de la locomotion. La motilité est assurée, mais l'ataxie cérébelleuse se traduit par un manque de souplesse et d'harmonie fonctionnelle. Les mouvements sont souvent brusques et manquent de mesure (hypermétrie).

Chez l'animal, la topectomie, l'inactivation fonctionnelle par le froid, ou l'ischémie par ligature des artères basilaires (Pollock et Davis, 1927) du lobe antérieur du cervelet (paléo-cervelet) entraînent une exagération de la rigidité de décérébration quand celle-ci préexiste. Le tonus des extenseurs posturaux est encore majoré. La section des racines postérieures, qui soustrait les motoneurones alpha à l'influence gamma, est sans effet sur la rigidité de décérébellation. Granit, Holmgren et Merton (1955) ont montré que l'exclusion du lobe antérieur du cervelet provoque une véritable paralysie du système gamma. Ainsi, cette hypertonie n'est due qu'à une levée d'inhibition des motoneurones alpha. C'est une rigidité de type alpha (Kaada).

Sprague et coll. (1957) ont confirmé par des expériences de stimulation les actions inhibitrices de la partie ventrale du lobe antérieur sur le tonus d'extension. Des

connexions cérébello-réticulaires (Mollica, Moruzzi et Naquet, 1953) empruntent la partie antéro-latérale des noyaux fastigiés avant de se projeter sur la formation réticulaire inhibitrice bulbo-mésencéphalique.

Ainsi, la décérébellation met en évidence une rigidité due à la levée d'une inhibition paléo-cérébelleuse. Nous verrons plus loin que, chez l'homme, cette inhibition paléo-cérébelleuse est normalement dominée par une facilitation néo-cérébelleuse.

### 2° Centres et voies des régulations supra-médullaires.

#### a) Le cervelet.

L'évolution phylogénique montre que le néocervelet s'est développé parallèlement au néocortex cérébral, avec lequel il est en rapport — cortex sensitivo-moteur controlatéral — par l'intermédiaire des noyaux intercalaires et dentelés, après relais dans le noyau rouge et le noyau ventrolatéral du thalamus. Le néocervelet semble jouer un rôle facilitateur — ou dynamogénique — du tonus postural grâce au circuit cérébello-cortico-cérébelleux qui lui permet « d'ajuster le tonus en fonction du déroulement de l'acte moteur » (Mamo). Dès 1935, Bremer reliait le néocervelet à la régulation des ensembles neuro-musculaires participant aux « synergies, récemment organisées, de la motricité volontaire (cortico-bulbaire et cortico-spinale) qui, chez les Mammifères supérieurs et, au plus haut degré, chez l'Homme, domine toute la vie de relation ».

Le paléocervelet s'inscrit dans le circuit de régulation de l'activité réticulaire. Il est surtout alimenté par les afférences proprioceptives d'origine musculaire ou vestibulaire. Il projette ses afférences par les noyaux fastigiés sur la riche formation réticulaire bulbo-mésencéphalique et sur la moelle. Ce circuit descendant cérébello-réticulo-médullaire lui permettrait de jouer un rôle inhibiteur du tonus postural en filtrant les décharges destinées aux motoneurones — gamma en particulier — à partir des informations proprioceptives. Le paléocervelet participe aux « synergies très anciennes » de l'activité posturo-cinétique spécifique.

#### β) Le noyau rouge.

Question classique de neurophysiologie, l'influence du noyau rouge sur le tonus musculaire a été revue tout récemment par Mancia (1957), Pompéiano (1960) et Massion (1961).

Le noyau rouge sert de relais aux influx parcourant le circuit à projection descendante des noyaux gris, mais il est surtout soumis aux influences dominantes du cervelet dans le cadre d'un véritable « réflexe cortico-cérébello-rubrique » (Massion).

Les influences du centre cérébelleux sont à double polarité, facilitatrice ou inhibitrice, selon les informations des afférences sensori-moteurs et extéroceptifs corticaux. Toutefois, selon Pompéiano, l'allure générale de l'influence du cervelet sur le noyau rouge est à dominance dynamogène et l'influence rubrique paraît être avant tout du type facilitateur sur les motoneurones des muscles fléchisseurs.

#### γ) Les noyaux gris de la base.

Les résultats récents de la chirurgie du Parkinson ont aidé à dégager le rôle des noyaux gris dans la régulation du tonus. Il s'effectue par deux voies :

- indirecte, par l'intermédiaire du néocortex, modifiant les incitations destinées aux motoneurones par la voie pyramidale ;
- directe sur le noyau rouge, les noyaux vestibulaires et la formation réticulaire.

On peut attribuer au pallidum une action inhibitrice sur le système gamma (Stern et Ward, 1960) et au noyau caudé une action facilitatrice sur les décharges fusoriales (Granit et Kaada).

#### δ) L'hypothalamus.

En plus du complexe neuro-endocrinien qu'il constitue avec l'hypophyse, l'hypothalamus s'intègre à de nombreuses régulations psycho-somatiques qui semblent le vouer plus généralement à des fonctions adaptatives aux conditions du milieu extérieur. Il intervient notamment dans la thermorégulation, dans la régulation du système nerveux végétatif et dans les phénomènes d'anxiété.

À l'hypothalamus antérieur sont attribués une dominance parasympathique (Hess, 1946) et un effet inhibiteur sur le tonus (Granit et Kaada). L'hypothalamus postérieur présenterait une dominance sympathique (Folkow et Von Euler, 1951) et une action accélératrice sur les décharges éfferentes destinées aux motoneurones.

Dickes (1955) et Gellhorn (1957) ont établi le rôle de l'hypothalamus dans la corrélation entre les états d'anxiété et l'augmentation du tonus musculaire. Von Euler et Söderberg (1957) ont constaté des variations de l'activité gamma en fonction de la lutte contre le froid.

Le fonctionnement de l'hypothalamus est couplé avec celui du rhinencéphale dont la stimulation (Kaada, Smith, Hodes, Austin, Jasper, 1950-1951) entraînerait une inhibition du tonus.

On invoque le rôle possible de ces structures dans la programmation des comportements instinctifs. On sait en tout cas leur influence dans les modulations adaptatives d'activités comportementales complexes.

#### ε) Le cortex cérébral.

La voie cortico-spinale ou pyramidale apparaît d'après son évolution phylogénique comme « un instrument perfectionné de soumission du clavier spinal aux commandes corticales. Certains auteurs vont même jusqu'à parler d'un système moteur de « luxe » au service de la dextérité manuelle qui représente incontestablement, avec le perfectionnement de la motricité oculaire et celui de la motricité phonatoire, l'un des privilèges les moins discutés de l'*Homo faber* sur l'animal » (Paillard).

Bernhard et Bohm (1954) différencient chez l'homme dans ce faisceau un contingent de grosses fibres unissant directement le clavier moteur de l'aire 4 au clavier des motoneurones spinaux. Ils la nomment « voie cortico-motoneuronale ». Parmi les autres fibres, celles qui émergent des aires précentrales semblent contribuer, au sein du R.I.N. médullaire, à l'organisation de patterns d'activités spécifiques. Certaines seraient susceptibles, soit d'activer (Granit et Kaada, 1952), soit d'inhiber (Stern et Ward, 1960), les motoneurones gamma.

La voie cortico-rhombencéphalique ou géniculée, moins connue que la voie pyramidale, joue un rôle fondamental dans le contrôle des noyaux moteurs crâniens. Elle comprend deux groupes de fibres. L'un est destiné aux noyaux oculo-céphaliques (III, IV, VI et IX), contrôlant les mouvements de rotation des yeux et de la tête. L'autre se distribue aux noyaux contrôlant la motricité buccale et phonatoire (V, VII, X et XII).

Les voies pyramidale et géniculée représentent le support essentiel de la motricité « idiocinétique ». Elles permettent au plus haut point chez les Mammifères supérieurs, le contrôle cortical des dispositifs posturo-cinétiques fondamentaux. Ceux-ci ne peuvent, hors de ce contrôle, qu'assurer l'holocinèse, abondamment illustrée par l'étude des réflexes.

Les voies cortico-réticulaires permettent l'emprise du cortex moteur sur la formation réticulaire, poste clé de l'organisation motrice suprasegmentaire. Émergeant plus particulièrement des aires frontales 4, 4<sup>e</sup> et 6, elles se projettent, pour la plupart, dans la partie bulbo-pontique de la rétículo (Rossi et Brodal, 1956 ; Scheibel, 1960), en deux aires principales. L'une, l'aire pontique, est à l'origine de la voie réticulo-spinale facilitatrice. L'autre, l'aire bulbaire, est à la base de la voie réticulo-spinale inhibitrice. Il s'agit donc d'un système d'influences antagonistes. Toutefois, la prédominance des manifestations hypertoniques consécutives aux lésions corticales semble indiquer la prévalence d'une influence diffuse inhibitrice (Hernandez, Péon et Hagbarth, 1955). Hugelin et Bonvallet (1957) ont apporté la preuve d'un circuit de « feed-back » négatif réticulo-cortico-réticulaire. Ils ont observé une inhibition du réflexe monosynaptique massétérin en stimulant la rétículo d'un animal curarisé. Or, cette inhibition disparaît avec l'exclusion de l'activité corticale. D'autre part, Bremer et Torzuolo (1952) ont montré qu'une stimulation localisée du néocortex engendre un éveil généralisé de l'ensemble de la corticalité. Ainsi, le cortex est susceptible de contribuer à son propre éveil et de l'entretenir.

En ce qui concerne les abondantes voies cortico-striaires, il peut être intéressant de citer l'hypothèse émise par Jung et Hassler (1960) sur le rôle possible du système cortico-nigérien dans l'organisation des postures préparatoires à l'action par l'intermédiaire des voies du système gamma.

Les voies cortico-cérébelleuses sont extrêmement riches chez l'homme. Leurs grands diamètres impliquent de très grandes vitesses de conduction et pourraient les vouer à une régulation temporelle de l'activité cinétique.

Les voies cortico-colliculaires ont été identifiées par Crosby et Henderson en 1948. Provenant des aires 18 et 19, atteignant aux aires visuelles — occipitales, — elles aboutissent aux tubercules quadrijumeaux supérieurs. Elles assurent le réflexe optokinétique qui permet les mouvements de poursuite oculaire des stimulations visuelles.

Il existe des dispositifs analogues, encore très mal connus, contrôlant l'orientation posturale vers des sources sonores — tubercules quadrijumeaux inférieurs — ou même, chez certains animaux, olfactives.

(à suivre).

# APPLICATION DE LA MÉTHODE PSYCHO-CINÉTIQUE A L'ÉCOLE PRIMAIRE

par le Docteur LE BOULCH

## PLAN DE L'ARTICLE

### Qu'est-ce que la méthode psycho-cinétique ?

- A) Peut-elle être considérée comme une méthode d'éducation physique ?
- B) Bases de la méthode.
  - 1° Se rattache à une conception générale de l'éducation.
  - 2° Vise des objectifs pratiques.
  - 3° Se rattache aux méthodes actives.

### Importance de la méthode psycho-cinétique à l'école primaire comme préventive de la dyslexie et de la dysgraphie.

- A) L'éducation par le mouvement devrait avoir une place de choix dans l'édifice pédagogique, en particulier à l'école primaire.
- B) Même si le but de l'enseignement du premier degré est d'apprendre à lire, à écrire, compter, il manque une quatrième discipline de base...
- C) La méthode psycho-cinétique pendant la scolarité primaire.

### Psycho-cinétique et structuration du schéma corporel à l'école primaire.

- A) Notion de schéma corporel.
- B) Importance pratique d'une éducation du schéma corporel.
- C) Les étapes de la structuration du schéma corporel.
- D) Programme éducatif correspondant.

### Conclusion.

#### QU'EST-CE QUE LA MÉTHODE PSYCHO-CINÉTIQUE ?

La méthode psycho-cinétique est une méthode générale d'éducation qui utilise comme matériau pédagogique le mouvement humain sous toutes ses formes.

#### A) Peut-elle être considérée comme une méthode d'éducation physique ?

- 1° Caractère mineur de l'éducation physique dans les conceptions traditionnelles.

Dans notre culture, et jusqu'à ces dernières années, l'éducation est restée de type à peu près purement intellectualiste, faite essentiellement de verbalisme et d'abstraction.

Le dualisme philosophique de plusieurs générations de philosophes accordant le primat absolu à « l'esprit » a profondément imprégné nos conceptions pédagogiques. Dès lors que l'on admet l'hétérogénéité entre le corps et l'esprit, il est certain que toutes les préoccupations doivent se porter sur l'essentiel, c'est-à-dire l'esprit.

A côté de cet aspect fondamental de l'éducation de l'être, il s'est développé une branche qui ne pouvait être que mineure : l'éducation physique.

Dès la période classique en Grèce, lorsque le développement des lettres et des sciences devient suffisant, on voit poindre l'antagonisme entre la culture du corps et celle de l'esprit. Contrairement à la tradition léguée sous forme d'image d'Épinal.

« Entre les deux types de formation physique et spirituelle ne régnait pas je ne sais quelle secrète attraction, quelle harmonie préétablie, mais bien la plus radicale hostilité. » (Marou, *Histoire de l'Éducation dans l'Antiquité*).

Tant que les méthodes d'éducation physique n'auront pas rompu avec le dualisme, elles ne pourront s'imposer comme forme d'éducation fondamentale.

#### 2° L'essor des méthodes de rééducation psycho-motrice.

L'évolution rapide des sciences humaines au cours des dernières décades, les progrès de la médecine psycho-somatique ont mis en évidence qu'il était illusoire de prétendre éduquer totalement un être humain en se désintéressant de la structuration de son schéma corporel. Dans tous les cas où les troubles de la relation fondamentale entre le moi et le monde sont évidents, la rééducation psycho-motrice a permis d'obtenir parfois des résultats spectaculaires. Mais ce qui réussit bien chez les déficients s'imposerait tout autant chez les sujets normaux pendant toute la période de maturation de leur schéma corporel.

La méthode psycho-cinétique, qui prend l'aspect d'une éducation psycho-motrice lorsqu'elle s'applique à des enfants de moins de douze ans, peut être considérée comme une forme élective d'éducation physique à cet âge.

#### B) Bases de la méthode :

##### 1° Se rattache à une conception générale de l'éducation

qui considère l'homme dans son unité, c'est-à-dire, au sens psychologique du terme, comme une personnalité en situation dans un milieu de vie physique et socio-culturel.

Le but de l'éducation est de favoriser un épanouissement humain qui permette à l'homme de se situer et d'agir dans le monde en transformation par :

- une meilleure connaissance et acceptation de soi ;
- un meilleur ajustement de la conduite ;
- une véritable autonomie et l'accès à la responsabilité dans le cadre de la vie sociale.

En exerçant son action sur les attitudes corporelles et les mouvements, la méthode psycho-cinétique touchera par cet intermédiaire l'être total, car l'acte moteur n'est pas un processus isolé et n'a de signification qu'en rapport avec la conduite de la personnalité toute entière.

##### 2° Vise des objectifs pratiques.

###### a) Sur le plan de la vie professionnelle :

Les problèmes actuels de l'adaptabilité de la main-d'œuvre ont mis en évidence la carence de la formation physique des jeunes.

Cette insuffisance de formation physique a donné naissance à des méthodes « d'éducation physique spécialisée » dans l'apprentissage des gestes propres à tel ou tel métier, qui permettent d'éviter le strict dressage, mais qui n'ont pas le degré de généralité que l'on souhaiterait.

D'où le vœu émis par les instances internationales de faire précéder cette éducation physique spécialisée d'une éducation physique de base. Or, l'efficacité de cette éducation physique de base est d'autant plus grande qu'elle s'applique au moment où les structures nerveuses sont en période de maturation, c'est-à-dire jusqu'à douze-quatorze ans, donc essentiellement pendant la scolarité primaire.

Ainsi qu'il ressort des discussions du Colloque international de Bruxelles de 1958, l'E.P. générale doit permettre :

- 1. Une plus grande facilité à faire face à des situations nouvelles dans l'exercice de ce métier.
- 2. Une meilleure prévention contre les accidents grâce au développement de la force, de l'adresse et à une éducation de l'attention perceptive.
- 3. Une lutte plus efficace contre la fatigue grâce à l'augmentation de la résistance générale et à une utilisation plus économique de nos forces.

###### b) Sur le plan de la préparation aux loisirs :

Dans notre société, l'organisation du travail, livrée au progrès des méthodes et au progrès du machinisme, crée des besoins de détente, d'une part, et d'autre part, des loisirs pour les satisfaire.

Or, « la préparation à un loisir plus riche est une affaire de pédagogie ou plus généralement de formation, et non la moindre. La civilisation technicienne qui est la nôtre exige que l'école à tous les degrés, assumant la noble ambition d'éduquer dans la plénitude du terme le citoyen, se préoccupe de le préparer non seulement au travail, mais aussi, et de plus en plus, aux loisirs ». (C. Friedman).

Le sport, les activités de plein air (voile, nautisme, ski, alpinisme, etc.), certaines activités esthétiques à base d'expression corporelle (danse, art dramatique...) peuvent être des moyens d'utiliser ces loisirs. Certes, ces activités peuvent représenter un simple *délassement* ou une *compensation* à la sédentarité, mais elles peuvent aussi devenir de véritables activités culturelles dans la mesure où, à travers

elles, l'individu recherche un perfectionnement personnel. Cependant, cette dernière éventualité ne se manifeste que si le sujet est prêt à exercer ces activités avec quelque chance de succès, d'où l'importance d'une bonne éducation psycho-motrice.

En particulier, chez l'adolescent à la conquête de sa personnalité, la pratique du sport de compétition est un moyen « d'affirmation de soi ».

Le stade est un terrain d'élection pour que l'adolescent déploie ses virtualités, lui permette de tester ses possibilités, et de se dépasser. La pratique sportive prend l'aspect d'un véritable engagement, prélude aux engagements qu'imposera l'existence d'adulte.

Si la pratique sportive revêt pour l'adolescent l'esprit d'un engagement total dans le but d'affirmation de soi, elle exige une préparation sérieuse. Or, actuellement, le niveau du sport de compétition exige des qualités qui ne peuvent être développées chez l'ensemble des jeunes scolaires que par une éducation physique de base efficace. C'est encore de six à quatorze ans que la période est la plus favorable à la mise en œuvre de cet aspect de l'éducation.

###### c) Sur le plan social et moral :

La pédagogie actuelle met l'accent sur le travail de groupe, le travail en collaboration où les enfants apprennent ensemble à programmer un travail, à choisir les moyens, à réaliser. Guidés par leur maître, les enfants apprennent ainsi à respecter les droits et les sentiments des autres.

En éducation physique de base, les conditions sont propices pour favoriser ce travail en commun. Dans les jeux et les sports qui complètent cette formation fondamentale, les conditions sont particulièrement électives pour les prises de conscience et l'éducation des attitudes sociales d'organisation, de communication, de coopération.

CONCLUSION. — L'importance pratique d'une éducation par le mouvement préparant concrètement au travail, aux loisirs et à l'activité sociale, justifierait un effort pédagogique considérable pour que cette activité cesse d'être théorique et prenne une place de choix à l'école primaire.

### 3° La méthode psycho-cinétique se rattache aux méthodes actives centrées sur le développement des « opérateurs ».

A cet égard, nous suivons le courant pédagogique animé par M<sup>lle</sup> Ramin, appliqué aux Ecoles techniques de la Chambre de commerce et d'industrie de Paris.

Comme la méthode Ramin, la méthode psycho-cinétique s'oppose aux autres méthodes d'éducation physique qui partent exclusivement de l'objet, c'est-à-dire de l'exercice. Une hypothèse implicite des méthodes d'éducation physique et sportive est que la réalisation d'un exercice a une valeur éducative d'un autre niveau. Pour être sûres de rendre cette « vertu éducative » la plus large possible, les méthodes d'éducation physique actuelles, éclectiques, multiplient la nature et la forme des exercices. Cette « vertu éducative » n'est pas inexistante, mais elle est, la plupart du temps, aléatoire et difficile à contrôler. En ce qui concerne le développement des « facteurs d'exécution », on peut reconnaître une certaine efficacité aux méthodes centrées sur l'exercice et sa répétition (aspect qualitatif), mais, pour

ce qui est du développement des aptitudes psycho-motrices qui nous intéressent particulièrement à l'école primaire, l'hypothèse des méthodes traditionnelles d'éducation physique reste à vérifier.

Le courant que nous suivons procède selon un schéma différent qui consiste à formuler l'hypothèse que toutes les réalisations concrètes dans les différentes branches envisagées sont permises par le jeu d'un faisceau d'aptitudes, actualisées sous forme de capacités. C'est ce faisceau qu'il faut essentiellement développer.

Notre éducation physique de base représente la somme des exercices moteurs visant le développement de capacités motrices et psycho-motrices et d'un certain nombre d'attitudes mentales. Expérimentalement, nous constatons que, par la pratique de ces exercices, des capacités fondamentales comme :

- la structuration du schéma corporel,
- la structuration temporelle,
- l'organisation et la perception de l'espace,
- la plasticité d'adaptation ;

des attitudes mentales comme :

- certaines formes d'attention,
- certaine forme de mémoire,

sont mises en jeu et améliorées.

Il se trouve que ces capacités sont à la base des acquisitions scolaires fondamentales comme la lecture, l'écriture, l'élocution.

La formation réalisée à travers ces exercices a donc une portée très générale et permet une amélioration dans des domaines apparemment très différents. D'ailleurs, chaque fois qu'un élève est inadapte au travail scolaire traditionnel, c'est à l'éducation psycho-motrice, pièce maîtresse de l'éducation physique de base, que le rééducateur fait appel. Il y a tout lieu de penser que ce qui réussit chez l'inadapte réussirait encore mieux chez le sujet normal.

#### IMPORTANCE DE LA MÉTHODE PSYCHO-CINÉTIQUE A L'ÉCOLE PRIMAIRE, COMME PRÉVENTIVE DE LA DYSLEXIE ET DE LA DYSGRAPHIE

##### A) L'éducation par le mouvement devrait avoir une place de choix dans l'édifice pédagogique, en particulier à l'école primaire.

Le principe fondamental de l'éducation nouvelle est la recherche du meilleur développement possible pour l'enfant, être social.

L'école doit contribuer à assurer l'épanouissement de la personnalité de chacun, non pas en inculquant aux élèves une culture abstraite le plus souvent verbale, mais en assurant le développement total, compte tenu du rôle qu'ils joueront dans la société.

Le but concret de l'école n'est pas uniquement de permettre à l'individu de réussir aux examens et concours, mais surtout de le préparer à ses tâches d'homme dans la cité, dans la profession, dans le loisir. A cet égard, les méthodes qui visent à un meilleur ajustement de la conduite aux conditions concrètes, et qui se proposent comme fin l'autonomie et l'accès à la responsabilité dans le cadre de

la vie sociale, doivent avoir priorité sur les méthodes traditionnelles d'enseignement didactique.

C'est la raison pour laquelle, à l'école primaire, à côté de la lecture, de l'écriture, du calcul, matières dites de base, l'éducation à partir du mouvement et de l'activité totale de l'individu devrait avoir une place privilégiée.

##### B) Même si le but de l'enseignement du premier degré est d'apprendre à lire, à écrire, à compter, il manque encore une quatrième discipline de base, c'est l'éducation par le mouvement.

###### 1° Quelques statistiques.

Au CM<sub>2</sub>, 36 à 42 % des élèves ont un pourcentage de retard sur l'âge normal de la scolarité, c'est-à-dire que, si on élimine les 6 % d'élèves qui présentent des déficiences intellectuelles certaines, il reste plus du tiers des enfants d'intelligence normale dont la progression scolaire ne peut s'effectuer dans les délais prévus par les instructions officielles. Il y a là assurément un gaspillage de temps.

###### Quelle est la cause du redoublement ?

Un quart des élèves redouble au cours préparatoire en presque totalité pour la lecture (91 %). Ce même apprentissage est responsable de 50 % de redoublement en fin du CE<sub>1</sub>.

Ensuite, aux CM<sub>1</sub> et CM<sub>2</sub>, 50 % de ceux qui redoublent le doivent à l'orthographe, 50 % au calcul.

Dans les statistiques précédentes, il n'est pas fait état des pourcentages importants des difficultés d'écriture qui, si elles ne constituent pas une cause de redoublement, n'en existent pas moins, associées à la difficulté de lecture ou non.

On peut conclure en disant que les savoir-faire fondamentaux à l'origine de toute aculturation et de toute socialisation : écriture, lecture représentent des difficultés majeures apparentes pour le tiers des élèves. Mais il n'est pas certain que ce soit ces élèves qui sont les plus défavorisés, car ceux qui ont tant bien que mal achevé leur scolarité primaire avec des « manques » moins apparents, vont se retrouver au rendez-vous de la 6<sup>e</sup> et de la 3<sup>e</sup>, deuxième cap important dans la vie de l'écolier.

###### 2° Pourquoi tant de difficultés pour apprendre à lire et à écrire ?

Tous ceux qui apprennent mal ou lentement à lire ou à écrire ne sont pas des dyslexiques, ni des dysgraphiques, mais nous pouvons admettre qu'ils présentent, à des degrés moins marqués, les mêmes difficultés que les dyslexiques.

R. Muchielli et A. Bourcier analysent dans leur ouvrage : *Dyslexie, maladie du siècle*, ces difficultés qui sont de l'ordre de la relation essentielle du moi et de son milieu.

« La dyslexie est le développement d'un trouble spécifique de la relation à un certain moment particulier de l'évolution de l'enfant.

Etudiant ensuite « la formation de l'univers orienté », des auteurs mettent en évidence quatre facteurs : la latéralisation, la structuration du schéma corporel, l'orientation et la structuration spatio-temporelle, et enfin « la stabilisation des valeurs ».

La lecture, mode de relation particulièrement complexe du moi avec l'univers, est, selon l'expression des auteurs,

« un révélateur » de ce trouble de la relation, car la lecture exige :

- une orientation fixe ;
- une visualisation et une fixation des formes ;
- une « distance » par rapport aux mots, afin d'en saisir le sens ;
- une maîtrise de la relation sens-sens ;

— une synchronisation qui comporte des mouvements oculo-moteurs, un langage intérieur, lui-même constitué par des esquisses d'articulation qui doivent se coordonner avec les mouvements respiratoires dans la lecture à haute voix.

Telle est la difficulté devant laquelle se trouve placé l'enfant de six ans dont la maturation nerveuse n'a pas nécessairement évolué de façon concordante et qui, de ce fait, se trouve placé devant des problèmes quasi insolubles. Et pourtant, chose merveilleuse, prouvant l'adaptabilité de l'être jeune, souvent, sans que le maître s'en doute, beaucoup d'enfants « se débrouillent » pour réaliser la prestation demandée : lire, écrire. Mais au prix de quels efforts, de quelles angoisses insoupçonnées et aussi avec quelles imperfections, sources de manques indélébiles compromettant l'évolution future ou la bloquant à des niveaux inférieurs.

Alors que l'analyse du travail industriel permet de trouver des moyens nouveaux pour alléger la tâche de l'homme, n'y aurait-il pas lieu, par un entraînement méthodique

- à la latéralisation,
- à l'orientation,
- la maîtrise du temps,
- l'habileté manuelle,
- l'équilibre,

de faciliter la tâche du travailleur scolaire ?

##### 3° Justification d'une éducation psycho-motrice à base de mouvements.

###### a) Les remèdes proposés aux difficultés scolaires :

1. Les classes à petits effectifs. Même sans techniques pédagogiques particulières, il est certain que ces classes permettent une action pédagogique beaucoup plus réelle, le maître pouvant aider l'enfant à résoudre ses problèmes. Elles sont malheureusement à peu près inexistantes dans les grands centres, dans l'enseignement public.

2. Classes de perfectionnement. Mais ces classes doivent être réservées aux débilés légers et à eux seuls, Q.i. 60 à 75. Or, les dyslexiques par définition ne sont pas des débilés et il leur est préjudiciable de leur faire suivre une scolarité adaptée aux débilés. En règle, les enfants qui suivent ces classes ont deux à trois ans de retard, car le diagnostic de la dyslexie ne s'impose pas et parfois il faut plusieurs années pour s'en rendre compte.

3. Le redoublement, c'est la mesure la plus courante, mais qui n'est pas satisfaisante, car l'enfant refait deux fois le même programme, et il peut, par la répétition, acquérir de façon mécanique ce qu'il n'a pas acquis la première année, mais le problème de ses insuffisances reste entier (on ne rattrape pas une mauvaise lecture en répétant les exercices de lecture), et il représente un futur dysorthographe ou un futur incoordonné moteur.

D'autre part, le redoublement peut faire perdre à l'enfant le goût de l'effort.

##### 4. Les rééducations spécialisées.

— Assurées par des rééducateurs de la lecture, de l'élocution et de l'écriture, mais il s'agit là de mesures individuelles n'intervenant souvent qu'après plusieurs années de troubles, qui devraient être réservées aux cas vraiment difficiles.

##### 5. Conclusion. Le vrai remède est préventif.

En réalité, beaucoup de problèmes de rééducation ne se poseraient plus si, à côté de la lecture, de l'écriture, du calcul, une partie du temps scolaire était réservé à une éducation psycho-motrice dont le mouvement serait le matériau principal associé aux exercices graphiques et aux manipulations. Il n'y a pas à changer les programmes scolaires pour cela, il suffit d'exploiter au mieux la législation existante, c'est-à-dire revoir le contenu de l'éducation physique actuelle afin de mieux l'approprier aux besoins réels de l'enfant. Lorsque l'instituteur aura pris conscience que cette éducation par le mouvement est une pièce maîtresse de l'édifice pédagogique qui permet à l'enfant de résoudre plus facilement les problèmes actuels de sa scolarité et le prépare par ailleurs à son existence future d'adulte, il ne fera plus passer cette activité au second plan.

D'autant plus que l'instituteur constatera que ce matériel éducatif non verbal représenté par les mouvements est un moyen parfois irremplaçable pour affiner certaines perceptions, développer certaines formes d'attention, ménager et mettre en jeu des processus mentaux.

CONCLUSION. — Une véritable éducation physique de base est un moyen essentiel d'éducation qui, à l'école primaire, devrait avoir une place de choix, associée à des jeux et activités sportives complétant l'action de l'éducation physique de base.

##### C) La méthode psycho-cinétique pendant la scolarité primaire.

La méthode psycho-cinétique, comme la méthode Ramain, part du principe que l'on ne résout pas les difficultés de la lecture et de l'écriture en travaillant au niveau de l'activité elle-même. En continuant à travailler à ce niveau, les difficultés deviennent progressivement insolubles par les moyens ordinaires et il faut faire appel à la rééducation spécialisée qui, normalement, ne devrait s'imposer que dans des cas bien individualisés.

Grâce à l'analyse des problèmes de relation mis en jeu dans la lecture, nous avons le moyen de travailler au niveau d'« opérateurs », c'est-à-dire au niveau des « capacités fondamentales ». Bien entendu, l'idéal est de n'aborder l'activité globale représentée par la lecture et l'écriture que lorsque le niveau des « opérateurs » est suffisant.

Les exercices que nous proposons à l'école primaire entre six et douze ans sont les suivants :

###### I. Exercices centrés sur l'attention perceptive :

1° *Connaissance de son « corps propre » et éducation du « schéma corporel ».*

a) Affermissement de la latéralisation et orientation du « schéma corporel ».

b) Prises de conscience des différents segments corporels.

c) Position allongée au sol. Relaxation et éducation respiratoire.

2° *Exercices de perception temporelle.*

- a) En rapport avec la perception de la durée.  
 b) En rapport avec la perception des structures rythmiques.

3° Exercices de perception de l'espace et de structuration spatio-temporelle.

a) Base de la construction de l'espace ; orientation dans l'espace, localisation des objets dans l'espace, appréciation des trajectoires et des vitesses.

b) Structuration de l'espace d'action de l'enfant.

II. Exercices centrés sur la mise en jeu des mécanismes d'ajustement réflexe :

- Equilibration,
- Attitude,
- Dextérité.

III. Exercice de coordination dynamique générale représentant à cet âge de véritables exercices problèmes faisant appel à des *praxies* comme :

- les sauts et franchissements d'obstacles ;
- les lancers et attaque de balles et d'engins ;
- les déplacements en équilibre surélevé ;
- les déplacements sur les quatre membres et l'agilité au sol ;
- les grimpers.

Remarque : Il n'est pas question, dans le cadre de cet article, de développer l'ensemble de ces points ; nous nous contenterons de mettre en évidence l'importance de l'aide apportée par l'éducation physique de base, par la psychocinétique, à l'édification du schéma corporel.

## PSYCHO-CINÉTIQUE ET STRUCTURATION DU SCHÉMA CORPOREL A L'ÉCOLE PRIMAIRE

### A) Notion de schéma corporel.

Le schéma corporel, ou image du corps, peut être considéré comme une *intuition d'ensemble* ou une *connaissance immédiate* que nous avons de notre corps à l'état statique ou en mouvement dans le rapport de ses différentes parties entre elles et surtout dans ses rapports avec l'espace et les objets qui nous environnent.

Cette notion est au centre du *sentiment de disponibilité* que nous avons de notre corps et au centre de la relation vécue univers-sujet.

Wallon précise : « Ce n'est pas une donnée initiale ni une entité biologique ou physique. C'est le résultat et la condition de justes rapports entre l'individu et son milieu ».

Selon Muchielli, « cet ensemble que forme le schéma corporel se développe très lentement chez l'enfant et ne se trouve achevé normalement que vers onze-douze ans ».

C'est dire l'importance de l'éducation donnée à l'école primaire pour assurer une genèse normale de ce schéma corporel. En particulier, une éducation physique bien conçue et sensiblement différente de celle préconisée par les textes officiels est irremplaçable, surtout pendant les premières années de la scolarité primaire, et la carence que nous constatons actuellement dans ce domaine entraîne des préjudices considérables dans l'évolution normale de l'élève.

### B) Importance pratique d'une éducation du « schéma corporel ».

Un schéma corporel flou ou mal structuré entraîne comme corollaire un déficit de la relation sujet-monde extérieur se traduisant sur le plan :

- de la perception : déficit de la structuration spatio-temporelle ;
- de la motricité : maladresse et incoordination motrice, mauvaises attitudes ;
- de la relation à autrui : insécurité dans cet univers mouvant à l'origine de perturbations affectives troublant les relations avec autrui.

#### 1° Sur le plan perceptif.

« J'observe les objets extérieurs, je les manie, je les inspecte, j'en fais le tour avec mon corps. » (Merleau-Ponty).

C'est-à-dire que le « corps propre » est le référentiel de perception. C'est à partir de sa stabilité que s'établit la relation avec le monde.

« Mon corps est le pivot du monde, j'ai conscience du monde par le moyen de mon corps. » En particulier, au début de la scolarité primaire, d'une bonne évolution du schéma corporel dépendent pour l'enfant les possibilités d'orientation, si importantes dans la lecture. Les difficultés de lecture, chez l'enfant d'intelligence normale, peuvent se traduire par :

— la confusion des lettres symétriques par inversion dans le sens droite-gauche :

b d  
p q

par inversion dans le sens haut-bas :

d p  
n u

— l'inversion dans la place des lettres : soit inversion complète réalisant l'écriture en miroir de droite à gauche, soit inversion dans le corps du mot :

car — cra — arc

— l'inversion de syllabes : je voir vais,  
je vais voir.

L'inversion de mots, lettres ajoutées ou absentes...

Le plus souvent, ces troubles, lorsqu'ils sont légers, passent inaperçus et ne sont détectés que trois ou quatre ans après leur début ; cependant, l'évolution intellectuelle de l'enfant est alors bien compromise, malgré la rééducation.

#### 2° Sur le plan moteur.

Si, au début, le défaut de structuration du schéma corporel se traduit surtout par des déficits perceptifs, plus tard, à partir de huit à dix ans, le désordre est à la fois perceptif et moteur. A ce stade, ce qui peut frapper, c'est la maladresse, l'incoordination, la lenteur.

Il faut insister, en effet, sur le fait « qu'à son achèvement, la conscience du corps propre est toute chargée de schémas moteurs virtuels » (Muchielli). En d'autres termes, l'importance du schéma corporel est grande pour l'action en général et les schémas moteurs à l'origine des actes les plus usuels ne peuvent s'organiser qu'à partir du schéma corporel. L'enfant qui a un trouble du schéma corporel, dans la mesure où il ne contrôlera pas telle ou telle région de

son corps qui lui sont à peu près étrangères, car non « senties », aura des défauts de coordination ou de dissociation de gestes et sera particulièrement lent pour organiser son action, signe du manque de « disponibilité » motrice.

Il devient ainsi évident que les difficultés d'apprentissage de la lecture s'accompagnent de difficultés dans l'écriture : les lettres sont mal formées, tremblées, dépassant les lignes. L'enfant salit ses cahiers, fait des tâches et des ratures, déchire le papier en écrivant. Souvent, c'est d'ailleurs plus ce signe qui frappe que la difficulté de lecture.

#### 3° Sur le plan relationnel et caractériel.

L'enfant qui a de pareilles difficultés d'ajustement et de relation avec son milieu risque de connaître en classe un véritable drame journalier complété par les réprimandes à la maison. Il en résulte que, souvent, les parents consultent le médecin, non pour le trouble originel, mais pour le mauvais caractère de l'enfant, ses sautes d'humeur, ses colères, sa mauvaise volonté apparente.

On conçoit sans peine qu'un enfant normal, en proie à des problèmes tels que nous les avons analysés, en butte aux réactions violentes de sa famille et de ses maîtres, réagisse à une pareille situation par de l'opposition, de l'agressivité. Son anxiété permanente se manifeste par des tics, des cauchemars ou des terreurs nocturnes.

On conçoit que la prévention de pareils troubles, intéressant au moins le tiers des élèves au cours de la scolarité primaire, et qui compromettent la scolarité secondaire d'une autre fraction importante de la population scolaire, retienne, à juste titre, notre attention et nous incite à alerter avec beaucoup d'autres les maîtres et les responsables de l'éducation aux différents niveaux.

### C) Les étapes de la structure du schéma corporel et de son éducation.

1° Jusqu'à l'âge de deux ans, l'enfant délimite son corps propre du monde des objets. Cette délimitation se fait segment par segment, selon les lois céphalo-caudales et proximo-distales. C'est-à-dire que l'enfant conquiert d'abord les segments les plus antérieurs et au niveau des membres en partant de la racine pour aller vers les extrémités. Les réactions circulaires décrites par Piaget sont fondamentales à cette époque pour cette constitution de l'unité du schéma corporel. Car ce « rassemblement ordonné des parties dans l'unité dynamique et harmonieuse du corps n'est pas primitive et reste dissociable ».

2° Jusqu'à l'âge de quatre ans, on assiste à la prévalence des éléments moteurs et kinesthésiques sur les éléments visuels et topographiques. Cette prévalence est en relation, selon Ajuriaguerra, avec la *dominance latérale*.

La latéralisation est la traduction d'une prédominance motrice portant sur les segments droits au gauches et en rapport avec une accélération de maturation des centres sensitivo-moteurs de l'un des hémisphères cérébraux. Cependant, cette dominance n'est que fonctionnelle et relative et n'a pas le caractère prégnant que certains ont voulu lui conférer, bien qu'elle soit à l'origine de la gaucherie. Elle se manifeste dans la réalisation des praxies.

3° A l'âge suivant, de cinq à sept ans, on assiste à l'intégration progressive d'un corps agi vers une *représentation* et une prise de conscience de son « corps propre » avec

transposition possible de soi à autrui et de autrui à soi. L'association des sensations kinesthésiques aux données d'autres champs sensoriels, champ tactile et surtout champ visuel, est fondamentale. Wallon attribue une importance fondamentale de la structuration du schéma à l'association la plus correcte possible des deux champs visuels et kinesthésiques et à leur bonne coordination. Au point de vue éducatif, nous devons tenir le plus grand compte de ce point de vue.

Selon Ajuriaguerra :

— à six ans, normalement, l'enfant s'oriente bien sur lui-même, distinguant bien ses deux côtés (même s'il inverse la dénomination droite et gauche) ;

— de six à huit-neuf ans, l'enfant devient progressivement capable de transposer cette situation sur les objets et sur autrui pour structurer son espace d'action.

4° Au fur et à mesure que s'affermît la prise de conscience des différents segments corporels, la disponibilité globale de l'ensemble organisé des différents segments devient meilleure et permet, tout en conservant une attitude globale du corps, de localiser de façon de plus en plus précise tout déplacement segmentaire ; c'est ainsi que l'on pourra obtenir :

— l'indépendance du bras par rapport à l'axe corporel, et plus particulièrement par rapport à la ceinture scapulaire ;

— l'indépendance des membres inférieurs par rapport au bassin qui, dans l'attitude debout, sera solidaire du bassin.

5° Cette possibilité de localisation et de contrôle segmentaire devra s'étendre aux attitudes inhabituelles (suspensions, appuis, la tête en bas, etc.) et aussi au cours des déplacements de la totalité du corps (simple contrôle de telle ou telle partie du corps dans la marche, la course, le saut, etc.).

Remarquons que ce dernier stade ne sera pas nécessairement atteint au cours de la scolarité primaire.

### D) Compte tenu de cette esquisse de la genèse du schéma corporel, nous pouvons proposer le programme éducatif suivant :

1° Affermissement de la latéralisation.

2° Prise de conscience des différents segments corporels en partant d'une attitude globale facile à maintenir :

Pour cette prise de conscience, on utilisera l'association des sensations kinesthésiques aux sensations tactiles,

aux sensations de pression,  
aux sensations visuelles,  
aux sensations de tension

musculaire, alternée à la seule perception des sensations kinesthésiques.

3° Prise de conscience de l'attitude allongée au sol associée à la relaxation générale et à la respiration.

4° Prise de conscience de la globalité des attitudes assises, debout, à genoux, associées à différents déplacements segmentaires (membres, différentes parties de l'axe corporel).

5° Libération des membres, contrôle des ceintures associé à la relaxation segmentaire et à la respiration.

6° Education du schéma corporel en déplacement.

## CONCLUSION

Nous avons essayé de souligner le rôle important du mouvement dans l'éducation de l'enfant à l'école primaire.

L'utilisation éducative du mouvement doit se faire :

— sous forme de jeux et d'activités sportives et de plein air indispensables pour que la journée scolaire de l'enfant s'équilibre entre travail et semi-loisirs ;

— sous forme d'une éducation physique de base centrée sur le développement des capacités psycho-motrices facilitant entre autres l'acquisition des savoir-faire scolaires fondamentaux et touchant des aptitudes d'ordre intellectuel.

Alors qu'au vingtième siècle, des hommes vont dans le cosmos, que des études sont faites pour rationaliser le travail industriel, peu de choses ont été faites jusqu'alors pour faciliter la tâche du travailleur scolaire.

Il devient urgent de considérer l'enfant comme un être total et vivant et non comme un cerveau à remplir de façon plus ou moins heureuse. Dans cette perspective, le matériau éducatif représenté par le mouvement humain est irremplaçable. Mais ce mouvement ne peut s'administrer uniquement dans une salle de classe, il faut des terrains annexés aux écoles, des gymnases ; il faut que les maîtres soient informés sur les méthodes et formés à leur application.

Un point resterait encore à définir, c'est la situation de la méthode psycho-cinétique par rapport à l'éducation physique traditionnelle. Si les conceptions actuelles de l'éducation physique définies par les instructions officielles restent ce qu'elles sont, la méthode psycho-cinétique prend la forme d'une éducation psycho-motrice. Si ces instructions s'assouplissent et s'élargissent, la méthode psycho-cinétique peut devenir officiellement une méthode d'éducation physique de base.

## DETTE D'OXYGÈNE ET ENTRAÎNEMENT

par le Docteur ASSAILLY

Nous souhaitons toujours faire le lien entre les lois énoncées par la physiologie et la pratique sur le terrain, car nous sentons que toute technique qui n'a pas une base théorique solide n'est qu'un procédé qui a tôt fait de se modifier avec la mode. Le progrès ne peut venir que par l'explication de faits reposant sur des lois physiologiques et non sur des explications verbales. Il en est ainsi de deux notions de physiologie :

- la prise maximum d'oxygène,
- la dette d'oxygène

qui peuvent sembler loin des préoccupations du professeur d'E.P.S. ou de l'entraîneur, et qui, pourtant, sont au cœur de beaucoup de leurs problèmes.

## LA PRISE MAXIMUM D'OXYGÈNE

1° C'est la plus grande quantité d'oxygène que l'on peut consommer par unité de temps (minute).

2° Pour connaître cette prise maximum d'O<sub>2</sub>, on augmente progressivement la puissance d'un exercice, la consommation d'O<sub>2</sub> augmente linéairement. Mais, à partir d'une certaine puissance, la consommation d'O<sub>2</sub> n'augmente plus, même si on augmente la puissance de l'exercice. La prise maximum d'O<sub>2</sub> est atteinte : c'est, en somme, le maximum de litres d'O<sub>2</sub> par minute que l'organisme peut prendre.

3° La valeur de cette prise maximum varie selon les sujets ; elle est au maximum de 5 litres d'oxygène par minute environ.

4° La question que l'on peut se poser est de savoir quels sont les facteurs qui limitent cette prise maximum d'O<sub>2</sub>, problème qui n'intervient que dans les efforts très intenses sollicitant donc des groupes musculaires importants. Deux paramètres semblent importants :

- la ventilation,
- le débit cardiaque.

a) Le facteur respiratoire est-il un facteur limitant ?

- L'air inspiré contient 21 % environ d'O<sub>2</sub>.
- L'air expiré contient 16 % environ d'O<sub>2</sub>.

Le passage de l'air dans les poumons a donc correspondu au prélèvement de 5 % d'O<sub>2</sub>, soit pour 1 litre d'air (1.000 cm<sup>3</sup>) : 50 cm<sup>3</sup> d'oxygène.

Nous avons vu précédemment (1) que la V.M.D. chez un sujet sportif pouvait atteindre 200 litres d'air par minute. Ces 200 l/mn peuvent donc amener :

$$50 \text{ cm}^3 \times 200 = 10.000 \text{ cm}^3, \text{ soit } 10 \text{ l d'O}_2.$$

Nous voyons donc que la quantité d'O<sub>2</sub> que nous pouvons nous permettre de prélever est le double de la prise maximum d'oxygène. Le facteur respiratoire n'est donc pas le facteur limitant.

D'ailleurs, lors d'un effort, la ventilation d'effort n'atteint jamais la ventilation maximum-minute. Les plus hautes ventilations enregistrées sont de l'ordre de 100 l/mn, qui correspondent bien à l'effort de 5 l d'O<sub>2</sub>/minute, c'est-à-dire la prise maximum d'O<sub>2</sub> ; toute ventilation supérieure à 100 l/mn deviendrait alors inutile.

b) Le facteur cardiaque est-il le facteur limitant ?

La question qui se pose est de savoir quel est le maximum d'O<sub>2</sub> que la pompe cardiaque peut envoyer aux tissus.

Nous savons que :

— 100 cm<sup>3</sup> de sang contiennent 15 g d'hémoglobine.

1 g d'hémoglobine fixe 1,36 cm<sup>3</sup> d'O<sub>2</sub> ; 100 cm<sup>3</sup> de sang fixent 15 g  $\times$  1,36 = 20 cm<sup>3</sup> d'O<sub>2</sub>.

Donc 100 cm<sup>3</sup> de sang :

- artériel contiennent 20 cm<sup>3</sup> d'O<sub>2</sub> ;
- veineux contiennent à l'effort 5 cm<sup>3</sup> maximum, car il se produit une désaturation due au fait que les cellules puisent davantage d'O<sub>2</sub>.

Donc : 100 cm<sup>3</sup> de sang ont fourni : 20 — 5 = 15 cm<sup>3</sup> d'O<sub>2</sub> ;

1.000 cm<sup>3</sup> de sang fournissent 150 cm<sup>3</sup> d'O<sub>2</sub> ; 35.000 cm<sup>3</sup> de sang peuvent fournir 4.500 cm<sup>3</sup> d'O<sub>2</sub>. Or, ces 35.000 cm<sup>3</sup> de sang, ou 35 litres, correspondent au débit cardiaque maximum.

Le cœur ne peut pas envoyer plus de 35 l de sang par minute dans l'organisme ; ces 35 l de sang ne peuvent pas fournir plus de 4.500 l/mn d'O<sub>2</sub>.

Nous voyons donc que le maximum d'O<sub>2</sub> que la pompe cardiaque peut envoyer dans l'organisme correspond à la prise maximum d'O<sub>2</sub>.

Le facteur cardiaque est donc le facteur limitant de la prise maximum d'O<sub>2</sub>.

(1) « L'examen de la fonction respiratoire » : *Les Cahiers Scientifiques d'Éducation Physique*, juin 1965.

## LA DETTE D'OXYGÈNE

Pour comprendre ce qui se passe, nous allons suivre les besoins en O<sub>2</sub> au cours d'un effort.

1° *Au début d'un effort*, création d'un déficit en O<sub>2</sub>. Il se crée un déficit en oxygène, car, dès le début de l'effort, le muscle a besoin d'une certaine quantité d'O<sub>2</sub>, quantité, nous l'avons vu, fonction de l'intensité. Cependant, les mécanismes d'adaptation à l'effort : pouls, T.A., ventilation... ne sont pas immédiats ; ces mécanismes mettent un certain temps, de l'ordre de quelques minutes, pour arriver à leur état d'équilibre. Le muscle ne reçoit pas assez d'O<sub>2</sub>, il doit donc travailler en anaérobiose ; il se crée un déficit en O<sub>2</sub>.

2° *A la fin de l'effort* : remboursement de la dette d'oxygène. Ce déficit est remboursé après l'effort. Il prend alors le nom de dette d'oxygène. La dette d'O<sub>2</sub> est égale au double du déficit environ, car la contraction en anaérobiose du début d'effort a un rendement de moitié de la contraction faite en aérobiose.

3° *Pendant l'effort*. Selon l'intensité de l'effort, le déficit peut être acquitté ou, au contraire, augmenté pendant l'effort.

a) Pour un effort peu intense, nécessitant :

- moins de 2,5 l/mn d'O<sub>2</sub> chez un sujet normal,
- moins de 3 l/mn d'O<sub>2</sub> chez un sujet entraîné,

la dette reste inchangée. Après le déficit créé au début de l'effort, celui-ci n'augmente plus pendant l'effort.

b) Pour un effort intense nécessitant :

- plus de 3 l/mn d'O<sub>2</sub> chez le sujet normal,
- plus de 3,5 l/mn d'O<sub>2</sub> chez le sujet entraîné,

la dette augmente plus que le déficit. Cela veut dire qu'une partie du travail pendant l'effort est faite en anaérobiose.

Donc, la prise d'O<sub>2</sub>, pour qu'un effort soit supporté, est de 3 l/mn chez un sujet entraîné ; si l'intensité de l'effort augmente, une partie de la contraction est faite en anaérobiose.

Il ne faut pas confondre cette prise d'O<sub>2</sub> pour un effort bien supporté avec la prise maximum d'O<sub>2</sub>. On pourrait penser que le sujet puisse faire des efforts avec une prise d'O<sub>2</sub> de 5 l/mn. Or, cette prise maximum d'O<sub>2</sub> est atteinte quand un grand nombre de muscles sont mis en jeu, ce qui est un cas exceptionnel et ne correspond pas aux types d'efforts habituels. Pour atteindre cette prise maximum d'O<sub>2</sub>, il faut des conditions expérimentales particulières.

c) Cette dette d'oxygène que l'organisme peut contracter pendant l'effort n'est pas infinie. Elle est au maximum de 18 à 20 l/mn d'oxygène : c'est la dette maximum d'O<sub>2</sub>.

## LES DIFFÉRENTS TYPES D'EFFORT

A) Le trait dominant du sport est l'augmentation brutale et les besoins énormes en O<sub>2</sub>, par exemple :

- une course de 100 m à la vitesse 9-10 m/s, la musculature demande 600 à 800 cm<sup>3</sup> d'O<sub>2</sub> par seconde, soit 40 à 50 l/mn d'O<sub>2</sub> ;
- une course de 400 m à la vitesse de 7 m/s, la consommation est de 16 à 20 l/mn d'O<sub>2</sub>, équivalent à la dette maximum d'O<sub>2</sub> ;
- une course de 1.500 m à la vitesse de 5,5 m/s (4 mn 30), la consommation d'O<sub>2</sub> est d'environ 10 l/mn.

B) *Effort court et très intense* : type 100 m.

La demande d'O<sub>2</sub> est énorme : 40 à 50 l/mn, mais cet effort est possible, car il est très court : 10 à 12 s. Le sujet court son 100 m pratiquement en apnée. Il rembourse sa dette d'O<sub>2</sub> après l'effort. Le problème cardio-ventilatoire est ici mineur pendant l'effort.

C) *Effort intense et relativement long* : type 400 m.

1. La demande d'O<sub>2</sub> est importante, elle atteint la dette maximum d'O<sub>2</sub> ; d'ailleurs, l'athlète a intérêt à l'utiliser totalement.

2. Il est très important que le parcours soit effectué à vitesse constante qui demande une consommation d'O<sub>2</sub> totale plus petite que si la même moyenne générale pour la totalité de la course est obtenue en employant deux vitesses différentes.

Par exemple, si le 400 m est couru :

a) à la vitesse constante de 7 m/s, il faut 16 à 17 l/mn d'O<sub>2</sub>, donc le sujet n'utilise pas complètement sa dette d'O<sub>2</sub>, il peut augmenter sa vitesse de base en utilisant toute sa dette d'O<sub>2</sub>, il peut atteindre 7,4 m/s ;

b) à la vitesse de 5 m/s pour la moitié de la distance (200 m), 9 m/s pour l'autre moitié (200 m), soit une moyenne générale de 7 m/s, comme dans le premier cas. Dans ce cas, il faut 20 l/mn d'O<sub>2</sub>, c'est-à-dire que le sujet termine épuisé.

C) *Effort d'intensité moyenne et long* : type 1.500, 5.000 m.

Dans ce type d'effort, deux cas peuvent se produire :

- effort bien supporté,
- effort mal supporté.

— Effort bien supporté :

Il se crée un déficit en O<sub>2</sub> au départ, puis pendant l'effort le sujet atteint un plateau d'équilibre : les besoins en O<sub>2</sub> sont équilibrés par la prise d'O<sub>2</sub>. Le sujet peut atteindre la dette maximum d'O<sub>2</sub> lors de son sprint final. L'idéal est d'atteindre cette dette sur la ligne d'arrivée, mais

- non avant, sinon l'athlète s'écroule ;
- non après, car l'athlète aurait pu faire un effort un peu plus intense.
- Effort mal supporté :

Pendant l'effort, les besoins en O<sub>2</sub> sont supérieurs à la prise d'O<sub>2</sub> ; une partie de la contraction musculaire se fait en anaérobiose, le déficit augmente régulièrement pour atteindre la dette maximum d'O<sub>2</sub>. C'est ce qui se passe lorsqu'un sujet court au-dessus de ses possibilités. Il doit alors :

- soit s'arrêter,
- soit réduire son allure pour atteindre un plateau d'équilibre où les besoins en O<sub>2</sub> sont compensés par l'apport d'O<sub>2</sub>.

D) *Efforts interrompus* : type sports collectifs. Ici, il existe une alternance d'effort et de repos. La dette maximum d'O<sub>2</sub> sera utilisée totalement en fonction :

- de l'intensité de l'effort,
- de la durée du repos.

Par exemple, le problème est différent en football et en basket-ball.

— En football : les périodes de repos sont plus fréquentes et relativement plus longues qu'en basket-ball. La dette maximum d'O<sub>2</sub> n'est jamais atteinte, sauf cas exceptionnels.

— En basket-ball : les périodes de repos sont très courtes et parfois inexistantes, le sujet n'a pas le temps de rembourser sa dette d'O<sub>2</sub>. Si l'effort est bien supporté, c'est-à-dire si l'effort n'est pas trop intense pour le sujet, il peut atteindre un régime d'équilibre. Si l'effort est mal supporté, si l'effort devient trop intense, la dette d'O<sub>2</sub> s'accroît pour atteindre la dette maximum d'O<sub>2</sub> et le sujet doit s'arrêter, d'où l'intérêt des temps morts et des changements de joueurs.

## CONCLUSIONS PRATIQUES

1° *Problème de l'échauffement* :

Nous avons vu qu'il se crée en début d'effort un déficit en O<sub>2</sub> pour la raison majeure qu'il existe un décalage important entre le travail musculaire immédiat et la mise en route des mécanismes d'adaptation à l'effort :

1. Le travail musculaire est dit de type effort rectangulaire, c'est-à-dire que le début et la fin de l'effort sont instantanés.

2. Les mécanismes d'adaptation à l'effort se mettent progressivement en jeu et le niveau d'équilibre des différents paramètres : ventilation, consommation d'O<sub>2</sub>, pouls... est atteint en quelques minutes seulement. Cet équilibre est atteint d'autant plus tardivement que l'effort est intense.

On comprend l'intérêt de l'échauffement avant un effort. Il est destiné à mettre en route les mécanismes d'adaptation de façon que, dès le début de l'effort, les paramètres aient déjà atteint une certaine valeur, apportant ainsi l'oxygène nécessaire et diminuant le déficit d'O<sub>2</sub> de départ. Mais il faut éviter un certain nombre d'erreurs :

a) Il n'est pas utile que cet échauffement soit très long.

b) Il ne faut pas qu'il y ait un temps très long entre la fin de l'échauffement et l'épreuve, sinon les paramètres cardio-ventilatoires sont revenus à leur valeur de repos.

c) Enfin, il ne faut pas que cet échauffement soit trop intense, sinon on risque d'attaquer l'effort avec une dette d'O<sub>2</sub> importante.

2° *A quel moment un athlète doit lancer son sprint final en demi-fond et fond ?*

Cette question est importante, car elle rappelle l'échec de Jazy aux J.O. : il s'est trouvé dans le cas de l'athlète qui a épuisé sa dette d'oxygène avant la ligne d'arrivée, car il avait lancé son sprint final trop tôt. Le problème est de savoir quand il faut porter cette attaque. Deux facteurs interviennent :

- l'intensité de l'effort du sprint final : ce facteur est peu variable, car le sujet prend sa vitesse maximale ;
- la durée de cet effort est par contre variable : l'attaque peut porter à 100, 200, 300 m de l'arrivée. Malheureusement, en fin d'effort, l'athlète n'a pas un compteur lui indiquant la quantité d'O<sub>2</sub> dont il peut disposer. Alors, comment faire ? Eh bien, cela doit s'apprendre :

— Il est certain que cette étude ne peut pas être faite au cours des séances d'entraînement, sinon il faudrait demander à l'athlète de courir sa distance sur des temps de record.

— Cet apprentissage doit se faire dans les courses préparatoires de mai-juin, avant les grandes compétitions nationales ou internationales. L'entraîneur demande alors à l'athlète de lancer son sprint :

- la première fois à 150 m de l'arrivée ;
- puis, si l'athlète a tenu la distance, la deuxième fois à 175 m ;

— et ainsi de suite jusqu'à une distance où l'athlète ne peut pas tenir jusqu'à la ligne d'arrivée.

On doit apprendre à l'athlète à quelle distance il doit lancer son sprint final et non pas lui en laisser l'initiative à son gré et commettre de lourdes erreurs d'appréciation.

Ainsi, l'entraîneur dispose de plusieurs méthodes de travail qui se complètent :

1. Pour mettre l'athlète en condition physique, il dispose :

— de l'*interval training* : efforts courts et intenses sollicitant particulièrement le cœur en le musclant ;

— du *footing* : efforts longs et d'intensité moyenne nécessitant un parfait synchronisme entre les diverses fonctions qui participent à l'effort.

2. Pour apprendre à l'athlète à courir sa distance, il dispose :

— de l'*entraînement fractionné*, qui apprend la notion de train, notion fondamentale ;

— enfin, il faut apprendre à l'athlète à quel moment il doit lancer son sprint final.

## M E M B R E S

DE LA

### SOCIÉTÉ DES PROFESSEURS D'ÉDUCATION PHYSIQUE - MÉDECINS

ALLEMANDOU,	11, avenue de Sceaux - VERSAILLES.
ASSAILLY,	Résidence Sully, 3, avenue Molière - MAISONS-LAFFITTE (Seine).
* AZEMAR,	4, rue Gabriel-d'Annunzio - MEUDON-LA-FORÊT (Seine-et-Oise).
BOUTINES,	BOISSÉJOUR par CEYRAT (Puy-de-Dôme).
CHRESTIAN,	91, rue d'Italie - MARSEILLE (6 <sup>e</sup> ).
CORTOT,	63, rue Dépe - CAUDÉLAN (Gironde).
* GABILLER,	4, rue de la Métairie - STRASBOURG - Montagne Verte.
HAURE,	30, rue Louis-Blanc - TALENCE (Gironde).
LE BOULCH,	16, rue de la Gare - DINARD.
* LEON,	3, rue Albert-Joly - LE VÉSINET (Seine-et-Oise).
LEPAPE,	7, rue Vicat - GRENOBLE.
MACORIGH,	Bât. 1, Cité Verte - SUCY-EN-BRIE (Seine-et-Oise).
MONTEIX,	6, rue Saint-Bernard - HYÈRES.
PLOQUIN,	35, rue Raymond-Bordier - BORDEAUX-CAUDÉLAN.
PROCEL,	39 bis, rue Walter-Poupot - BORDEAUX.
SARDINA,	GRANDCOURT (Seine-Maritime).
WINTREBERT,	20, rue A.-Bollier - SAINT-MAUR-DES-FOSSÉS (Seine).

\* N'a pas encore soutenu sa thèse.

## **ABONNEMENTS-RÉABONNEMENTS**

Le montant de l'abonnement annuel est fixé à 12 F (étranger, 14 F) 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**

11, avenue de Sceaux - VERSAILLES (S.-et-O.)

## **CORRESPONDANCE**

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

Docteur ALLEMANDOU  
11, avenue de Sceaux  
VERSAILLES (Seine-et-Oise).

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.

### NUMÉROS DISPONIBLES

Année 62-63 : n<sup>os</sup> 2 et 3

Année 63-64 : n<sup>o</sup> 3