

# POSITION D'EPARGNE DU RACHIS & PREVENTION DES DORSO-LOMBALGIES MECANIQUES

**Marie-José TEYSSANDIER**  
42 rue Verdi - 06000 NICE

Pour appréhender la prévention des lombalgies "communes", mécaniques, certains auteurs se sont attachés à chiffrer, pour les joints intervertébraux en aval de L3, les valeurs : des efforts qu'ils supportent, des pressions intra-discales, et de leurs variations.

Certains ont raisonné en élaborant des modèles mathématiques et en calculant les moments des forces (4, 5,13). D'autres ont expérimenté sur le cadavre (2,11,13) ou in vivo (3, 7, 11). Il nous a semblé intéressant et pratique d'aborder ce sujet d'une manière différente. C'est ainsi que l'on peut démontrer, par raisonnement et formulations mathématiques simples, que les conditions de nocivité minimales, des efforts et contraintes mécaniques appliqués aux joints intervertébraux d'un sujet, sont réunies lorsque l'ensemble pelvi-rachidien tend vers ce que nous avons pris l'habitude d'appeler: position d'épargne.

## EFFORTS STATIQUES ET DYNAMIQUES

Chez le sujet en position érigée, debout ou assis, chaque unité fonctionnelle rachidienne est en permanence soumise à des efforts, générateurs de contraintes mécaniques :

- obligatoirement, des efforts statiques, de compression et de cisaillement, liés à l'action de la pesanteur, et, partant, dirigés vers le sol,
- éventuellement, des efforts dynamiques, de compression et de cisaillement, qui peuvent s'ajouter aux précédents à l'occasion de l'exécution des actes courants de la vie quotidienne, des mouvements, etc. Seuls les premiers retiendront notre attention. On peut les analyser et les évaluer avec une approximation acceptable en étudiant l'équilibre mécanique des joints intervertébraux dans le plan sagittal de gravité du corps.

## LES EFFORTS STATIQUES VERTICAUX

1. Chaque unité fonctionnelle rachidienne est assimilable à un levier du premier genre (Fig. 1) porté par une droite située à l'intersection, du plan sagittal de gravité du corps, et du plan bissecteur du joint intervertébral. Le levier PR est donc plus ou moins incliné d'un angle  $\alpha$  ouvert en bas et en arrière ou en bas et en avant, selon les étages et les attitudes (Fig.2).

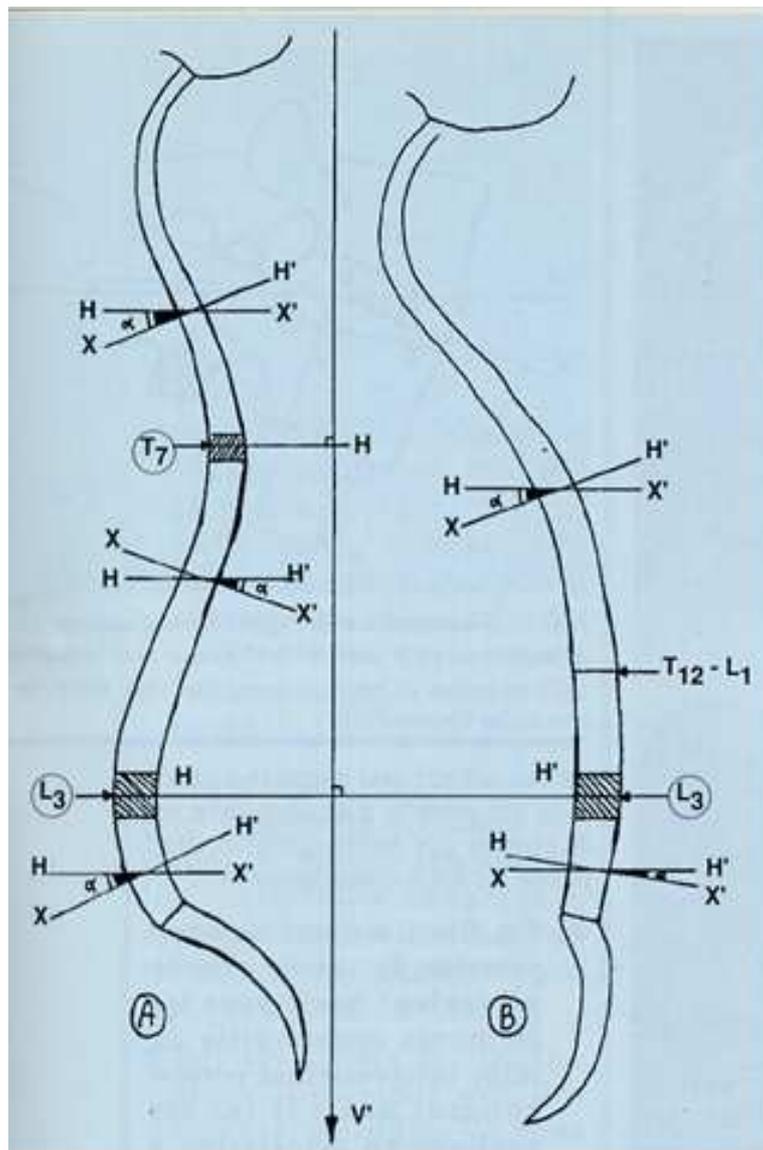
**a) La puissance** est représentée par le vecteur  $PP'$  dirigé vers le sol, de valeur égale au poids de la portion du corps sus-jacente, appliqué en avant ou en arrière du point d'appui, selon que l'axe de gravité de la position du corps sus-jacente passe en avant ou en arrière de celui-ci.

**b) La résistance** représentée par le vecteur  $RR'$ , vertical et dirigé vers le bas, est la résultante de la réaction suscitée par la mise en tension des formations extra-discales et la contraction

des muscles moteurs de l'extension ou de la flexion selon que la puissance est appliquée en arrière ou en avant du point d'appui.

**c) La résultante de la puissance et de la résistance correspond à l'effort vertical statique AV, dirigé vers le sol,**

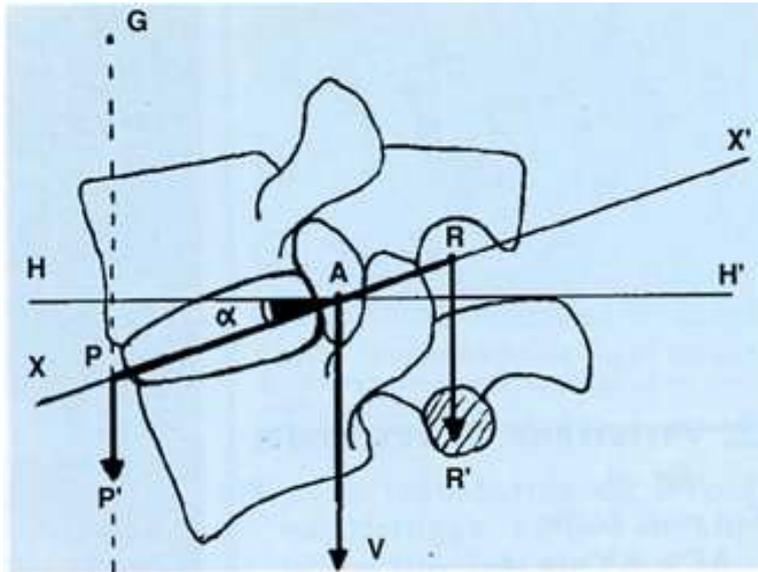
- appliqué au centre mécanique (A) de l'unité fonctionnelle rachidienne,
- qui a toujours une valeur supérieure à celle de la portion du corps sus-jacente (1).



**Fig. 1** - Inclinaisons des joints intervertébraux à partir de calques de radiographies de sujets en position érigée, asthénique, sans appui). Le plan bissecteur du dièdre intervertébral (XX') est plus ou moins incliné d'un angle ( $\alpha$ ), par rapport à un plan horizontal (HH'), selon les étages et l'attitude du sujet.

A. En position debout, l'angle  $\alpha$  est ouvert en bas et en arrière, entre T7 et L3, en bas et en avant, en amont de T7 et en aval de L3, avec un maximum en L5-S1.

B. En position assise, les joints intervertébraux sont inclinés en bas et en avant, en amont de L1, sensiblement horizontaux ou légèrement inclinés en bas et en arrière, en aval de L1, selon l'état de rétroversion du bassin.



**Fig. 2.** Joint intervertébral assimilé à un levier du premier genre, en équilibre. Le point d'appui du levier (A), confondu avec le centre mécanique de l'unité fonctionnelle est toujours situé entre les points d'application de la puissance et la résistance.

Dans le cas présent, le levier est incliné, en bas et en avant ; la puissance (PP') est appliquée en avant du point d'appui.

**2. À l'équilibre**, on peut écrire dans tous les cas  $AP \times PP' = AR \times RR'$  avec  $AV = PP' + RR'$

**3. L'effort statique vertical (AV) sera d'autant moins nocif** que sa valeur intrinsèque sera moindre, c'est-à-dire que le moment de la puissance du levier aura une valeur moindre. Ainsi en est-il dans les trois cas suivants:

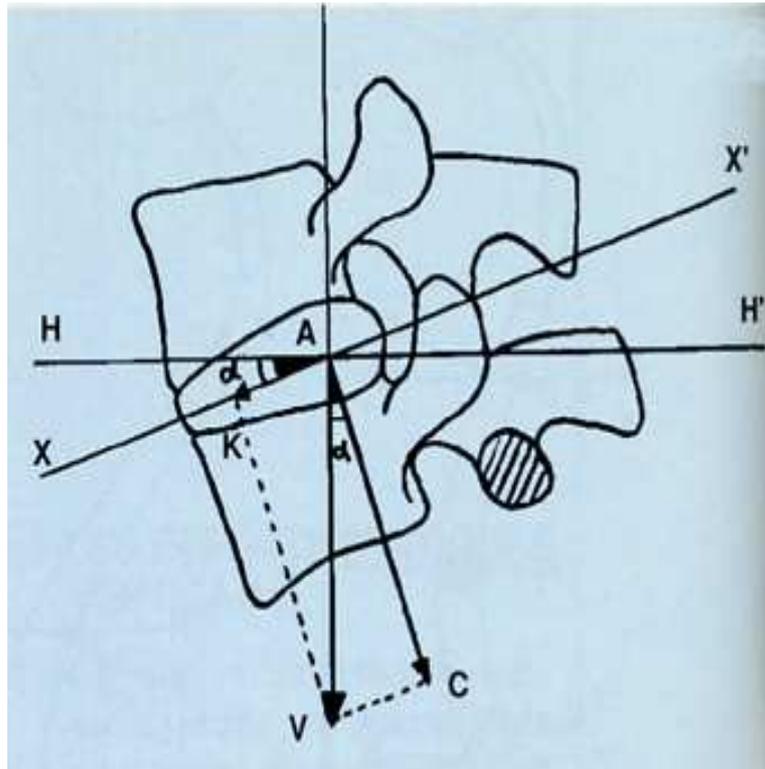
**a) Puissance (P P') de moindre valeur**, si le sujet est moins lourd et qu'il ne porte pas de charge, ni sur épaules, ni à bout de bras.

**b) Bras de levier de la puissance (AP) plus court**, c'est-à-dire que le centre mécanique de l'unité fonctionnelle est plus proche de l'axe de gravité du corps ; ce qui implique une tendance à la verticalisation de l'ensemble du rachis en amont avec, pour conséquence, sa rectitude par amortissement des courbures physiologiques (attitude sthénique).

**c) Association des deux cas précédents.**

## **B LES EFFORTS STATIQUES DE COMPRESSION ET DE CISAILLEMENT**

**1. L'effort statique vertical (AV) appliqué à un joint intervertébral se décompose** (Fig 3), selon la loi du parallélogramme, en deux forces coplanaires issues du centre mécanique de l'unité fonctionnelle rachidienne (A).



**Fig. 3** – Décomposition de l'effort vertical statique AV appliqué à un joint intervertébral dont le plan bissecteur (XX') est incliné, en bas et en avant, d'un angle  $\alpha$  par rapport à plan horizontal (HH').

**a) L'effort statique de cisaillement-glisserment (AK)**

- porté par le levier et, partant, situé dans le plan bissecteur du joint intervertébral,
- dirigé en bas et en avant ou en bas et en arrière, selon l'étage considéré,
- tend à faire glisser les pièces vertébrales les unes par rapport aux autres.

**b) L'effort statique de compression (AC),**

- perpendiculaire à l'effort de cisaillement,
- est dirigé vers le bas.

**c) Ces deux efforts**

s'appliquent naturellement, tout comme l'effort statique vertical, au niveau de chaque joint intervertébral,

- au complexe disco-corporéal,
- et aux structures extra-discales.

**2. Variations de ces efforts (Fig. 3)**

On peut écrire :  $AK = AV \sin \alpha$   $AC = AV \cos \alpha$

**a) Dans tous les cas**

l'effort statique de cisaillement glissement a une valeur strictement proportionnelle à celle de l'effort statique vertical (AV). Il en est de même pour l'effort statique de compression. Les facteurs de nocivité minimale pour le rachis sont donc les mêmes que ci-dessus.

**b) Pour un joint intervertébral soumis à un effort statique vertical de valeur constante**, plus l'unité fonctionnelle est inclinée par rapport au plan de terre, plus l'effort de cisaillement (AK) augmente, plus l'effort de compression (AC) diminue, et réciproquement. Est-il inéluctable de tomber de Charybde en Scylla ?... Non, car les efforts usuels de compression sont beaucoup moins nocifs que ceux de cisaillement.

**3. Tout effort de compression usuel a une valeur intrinsèque qui demeure toujours insuffisante pour occasionner des lésions des éléments constitutifs des joints intervertébraux (sauf à long terme).**

**a) Rappelons l'étude expérimentale de Decoux et Rieunau (2)** concernant une préparation anatomique de trois vertèbres thoraco-lombaires avec les disques, ligaments...

En cas d'effort de compression strictement axial, de valeur croissante, les pièces vertébrales osseuses se détériorent avant les disques. Les premiers symptômes de rupture osseuse (craquements, tassements, suintements), observés pour un effort de compression de 600 à 800 kg, sont des tassements fracturaires des corps vertébraux, sans rupture du mur postérieur.

**b) A titre de comparaison**, rappelons les travaux de J.J. Herbert et coll. (4, 5). La valeur de l'effort statique de compression appliqué au corps de L4 d'un sujet, pesant 80 kg et mesurant 1, 80 m, est de l'ordre de:

- 7,6 kg/cm<sup>2</sup>, si le sujet est debout;
- 23,8 kg/cm<sup>2</sup>, en cas de flexion maximale du tronc;
- 81 kg/cm<sup>2</sup>, en cas d'effort statique de soulèvement de 100 kg.

**c) Comparons aussi les valeurs des pressions intra-discales**, mesurées au niveau de L3-L4 et L4-L5, et leurs variations qui sont analysées au chapitre suivant.

**d) La disproportion des valeurs**

de ces efforts par rapport à ceux mis en oeuvre par Decoux et Rieunau est telle qu'elle dispense de tout commentaire.

**4. Un effort statique de compression** de valeur usuelle ne devient nocif pour les éléments constitutifs du joint intervertébral correspondant que s'il lui est appliqué en association à des efforts de cisaillement, statiques et à fortiori dynamiques.

A la longue, ce sont des facteurs favorisant de la dégénérescence des unités fonctionnelles.

Un tel effort ne peut être responsable de la constitution d'une hernie discale que s'il est appliqué à un complexe disco-corporéal dégénéré, en même temps

- qu'un effort de cisaillement glissement important,
- ou un effort de cisaillement glissement, de moindre importance, asymétrique par rapport au plan sagittal de gravité du corps (latéroflexion),
- à fortiori lorsqu'il s'agit d'une combinaison, de flexion ou extension + latéroflexion + rotation axiale, génératrice de contraintes asymétriques de cisaillement-glissement dans des plans verticaux et de cisaillement-torsion dans des plans horizontaux. Tout se passe comme si la nocivité intrinsèque de chacun de ces efforts potentialisait celle des autres. Tous les auteurs modernes s'accordent sur ces points (6, 15).

**5. En pratique**, pour des efforts verticaux statiques de valeurs constantes, les contraintes mécaniques appliquées aux joints intervertébraux correspondants ont une nocivité d'autant moindre

- que les efforts de cisaillement-glissement ont des valeurs moindres et sont situées dans le plan sagittal de gravité,
- c'est-à-dire lorsque les plans des plateaux vertébraux tendent vers l'horizontalité.

Ainsi en est-il lorsque l'ensemble du rachis cranio-cervico-thoraco-lombo-sacré tend vers :

**a) la rectitude**, ce qui implique sa mise en position neutre ou position intermédiaire entre

- l'anté- et la rétroversion, pour le bassin,
- la cyphose et la lordose, pour chacun des trois segments de la colonne mobile;

**b) et aussi la verticalité**

**c) et la symétrie**, par rapport au plan sagittal de gravité du corps.

C'est ce que nous appelons "position d'épargne" de l'ensemble pelvi-rachidien du sujet érigé (Fig. 4).

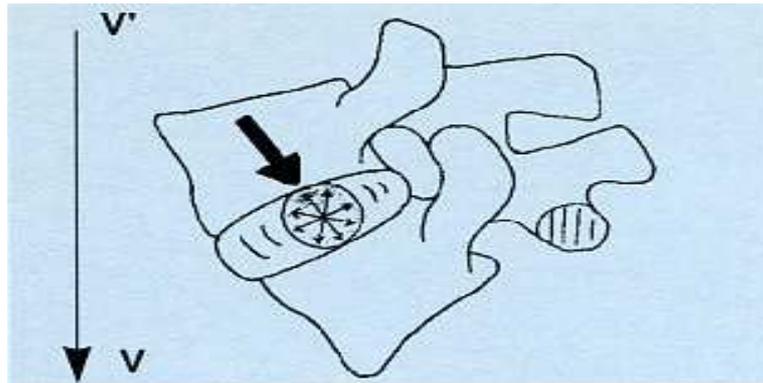


**Fig. 4** – Position d'épargne d'un sujet en station érigée, debout ou assis  
(cliché C. Paschetta).

## **LES EFFORTS STATIQUES DE COMPRESSION DISCAUX**

1. Au niveau de chaque complexe disco-corporéal, le nucléus pulposus joue le rôle d'un amortisseur hydrostatique qui

- absorbe l'effort de compression discal (en grande partie),
- et le transforme en forces centrifuges, issues de son centre mécanique (Fig. 5) qui seront absorbées, amorties et contenues par l'anulus. Si le nucléus n'est pas dégénéré, ces forces centrifuges se répartissent uniformément de telle sorte qu'en tout point de sa périphérie celles-ci ont une valeur identique (11).



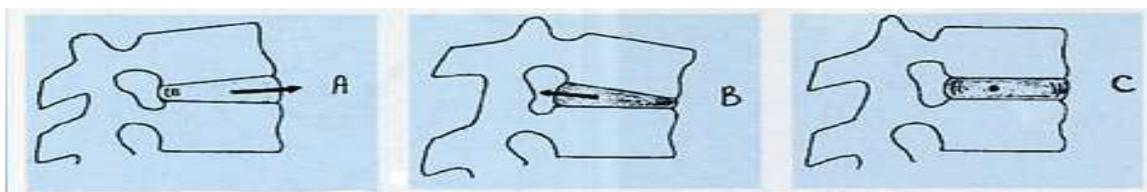
**Fig. 5** – Transformation de l'effort statique de compression discale, appliqué au nucleus, en forces centrifuges.

**2. La pression intranucléaire** a été étudiée et mesurée avec grande précision, in vivo, à l'aide d'un transducteur de pression, au niveau des derniers disques lombaires. Pour le disque L3-L4, sa valeur est

- sensiblement équivalente à celle du poids total d'un sujet lorsqu'il est debout sans appui (11), c'est-à-dire 70 kg chez un sujet pesant 70 kg, soit 1,7 fois le poids du segment corporel sus-jacent (40 kg environ) ;
- 1,5 fois plus importante en position assise sans appui qu'en position debout (11) ;
- 0,5 fois moins importante en décubitus dorsal qu'en position debout (11).

Cette valeur augmente jusqu'à 100 % du poids du corps lorsque le rachis lombaire est mis en hypercyphose ou hyperlordose (3,7), ce qui confirme la nocivité des positions extrêmes de ce segment vertébral qui a été démontrée par O. TROISIER (17).

Elle augmente instantanément de 100 à 400 % par rapport au poids du corps en cas de contraction des chaînes musculaires thoraco-lombaires postérieures (3,7).



**Fig. 6** - Résultante générale de l'effort statique de compression discale après répartition et amortissement par le nucléus et l'annulus, pour un joint intervertébral : A. En lordose (vecteur dirigé vers l'avant) ; - B. En cyphose (vecteur dirigé vers l'arrière) C. En position neutre (résultante se résumant en un point).

### **3. La résultante générale de l'effort statique de compression discal,**

après répartition et amortissement par la nucléus et l'annulus (Fig. 6) est une force de traction qui tend à énucléer la matière discale, située dans le plan bissecteur du dièdre intercorporel, représentée par un simple point ou un vecteur dirigé vers l'avant, ou vers l'arrière, selon l'inclinaison relative des deux plateaux vertébraux adjacents (14, 17).

**Sa valeur peut être très élevée,**

en fonction de l'importance de la pression intranucléaire, et atteindre 3 à 5 fois celle de l'effort statique de compression appliqué à l'ensemble du disque et rapporté à l'unité de surface (11).

**4. En pratique**, un effort de compression de valeur constante appliqué à un disque, est d'autant moins nocif que sa résultante générale tend à se résumer à un point :

- lorsque les plans des plateaux vertébraux tendent vers le parallélisme entre eux,
- c'est-à-dire lorsque le segment rachidien correspondant tend vers la rectitude, ou position neutre (sans préjuger de sa verticalité ou non).

Cette étude analytique des efforts et contraintes mécaniques statiques et de leur nocivité relative pour le rachis de sujets en position érigée, debout ou assis, conduit à :

1. confirmer les dangers de toute surcharge pondérale;
2. mettre en exergue la plus grande nocivité des contraintes mécaniques de cisaillement par rapport à celles de compression, du moins pour des efforts usuels ;
3. définir ce que nous avons pris l'habitude d'appeler la position d'épargne du rachis du sujet érigé, ou position dans laquelle les efforts les plus nocifs pour les éléments constitutifs des joints intervertébraux ont des valeurs minimales, c'est-à-dire lorsque l'ensemble cranio-cervico-thoraco-lombo-sacré tend vers :
  - la rectitude, ou position neutre,
  - et la verticalité,
  - et aussi la symétrie, par rapport au plan sagittal de gravité du corps ;
4. proposer, en matière de réadaptation fonctionnelle des lombalgies, que la notion de verrouillage, en position d'épargne, de l'ensemble pelvi-rachidien (15) se substitue à celle de verrouillage, en position neutre, du seul complexe lombo-pelvien qui ne tient pas compte de la verticalité ni de la position des segments rachidiens en amont.
5. enseigner, dans le cadre de la prévention des douleurs d'origine vertébrale mécaniques, que tout sujet doit chercher à adopter la position d'épargne du rachis, autant que faire se peut,
  - en cas de position entretenue,
  - avant et pendant l'exécution des actes courants de la vie quotidienne et des efforts, générateurs de contraintes mécaniques dynamiques.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1 - CASTAING J., SANTINI J.J. Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur: le rachis Médicorama, Paris, E.P.R.I. édit., 1975,12, 84-90

- 2 - DECOULX P., RIEUNAU G. Les fractures du rachis dorso-lombaire sans trouble nerveux. Rev. Chir. Orthop., 1958, 44, 3-4, 254-322.
- 3 - DREVET J.G., LELONG C., PLAS F., AUBERGE Th. Les pressions intradiscales lombaires in vivo : application aux techniques de rééducation des lombo-radiculalgies. Rev. Méd. Orthop., 1991, 23, 9-12.
- 4 - HERBERT J.J., HERBERT A., GILLOD A., DE LAUBRIERE M. Biomécanique des lombalgies. Rhumatologie, 1976, 28, 33-50.
- 5 - HERBERT J.J., HERBERT A., PAILLOT J.M. Biomécanique du rachis dorsal. Etude théorique mathématique. Rhumatologie, 1977, 29, 7-16.
- 6 - HIRSCH C. Réactions des disques intervertébraux à l'action des forces compressives. J. Bone Joint Surg., 1955, 37 A, 1188-1196
- 7 - LELONG C., DREVET J.G., CHEVALIER, R., PHELIP X. Biomécanique rachidienne et station assise Rev. Rhum. Mal. Ostéoartic., 1988, 55, 375-380.
- 8 - MAIGNE R. Diagnostic et traitement des douleurs communes d'origine rachidienne. Paris, Expansion Scient. Franç. édit., 1989, 1 vol., 516 p.
- 9 - MANDAL A.C. What is the correct height of fumitures ? In Ergonomics and health in modem offices. Torino, E. Grandjean édit., 1983, 1 vol., 471-476.
- 10 - MANDAL A.C. L'homme assis. Paris, Inst. Pragmat. édit., 1989, 1 vol. 92 p.
- 11 - NACHEMSON A., ELFSTROM G. Intra vital dynamic pressure measurements in lumbar discs. Scand. Journ. Rehab. Med., 1970, 1, suppl., 1-40.
- 12 - SCHOBERTH H. von Sitzhaltung, Sitzchaden, Sitzmöbel Berlin, Springer Verlag édit., 1962, 1 vol., 100 P.
- 13 - SCHULT A., ANDERSON G. Analysis of loads on the lumbar spine. Spine, 1981, 8, 76-83.
- 14 - TEYSSANDIER M.J. Eléments de biomécanique du rachis In douleurs vertébrales et radicaigies communes G. ZIEGLER et M.J. TEYSSANDIER Paris, Maloine édit., 1979, 1, 133-154.
- 15 - TEYSSANDIER M.J., RADAELLI E. Efforts et contraintes de cisaillement subis par le rachis. La riabilitazione (Ital.), 1982, 15, 1, 9-18.
- 16 - TEYSSANDIER M.J. La charnière fonctionnelle thoracique et les "deux rachis" fonctionnels. Rev. Méd. Orthop., 1988, 14, 31-3-4.
- 17 - TROISIER O. Séméiologie et traitement des algies discales et ligamentaires du rachis. Paris, Masson édit., 1973, 1 vol., 580 p.