



# REPROGRAMMATION SENSORI- MOTRICE DANS LA PRISE EN CHARGE REEDUCATIVE DES SED TYPE HYPERMOBILE

Anne RIMBAULT, Dr J. MOUSSU  
Service de Médecine Physique et Réadaptation, Dr A.RUET  
CHU de Caen  
-13/03/2018-

# DEFINITIONS

- **Reprogrammation sensori-motrice** : Concept de rééducation du geste par l'utilisation de la fonction des capteurs proprioceptifs
  - Principes de la rééducation : Aller du local au global, privilégier les exercices fonctionnels, répéter puis varier les situations d'apprentissage.
- **Apprentissage sensori-moteur** : Processus permanent de changement de l'état interne d'un sujet :
  - Qui résulte de la pratique ou de l'expérience
  - Qui peut-être interprété par l'analyse de sa performance.
  - **OBJECTIF : Amélioration observable de leur habileté motrice et donc, de la performance.**
- **Habilité motrice** : Capacité à atteindre le but fixé par la tâche, de façon stable, précise, rapide et avec le minimum de coût énergétique ou attentionnel.
- **Equilibration** : Aptitude à maintenir une position en dépit des circonstances contraires Pélissier et al

# Proprioception

- **Point de départ du système sensori-moteur.**
- Capacité à connaître la position de notre corps dans l'espace ou de chacun de nos membres les uns par rapport aux autres et, à évaluer la résistance contre laquelle une tâche motrice est réalisée.
- « Une connaissance des parties du corps, de leur position et de leur mouvement dans l'espace, sans que l'individu ait besoin de les vérifier avec ses yeux » – *Le Carvozin*
- **PHYSIOLOGIE :**
- La proprioception **inconsciente** : maintien de la station debout et dans les ajustements posturaux.
  - Mise en jeu des voies réflexes médullaires permettant des ajustements rapides, véhiculé par la voie spinocérébelleuse.
- La proprioception **consciente** : Support de la statesthésie (1) et de la kinesthésie (2),
  - Repose sur le traitement cortical des informations proprioceptives conscientes et tactiles épicrotiques, véhiculées par la voie lemniscale.



# SED type hypermobile (type III)

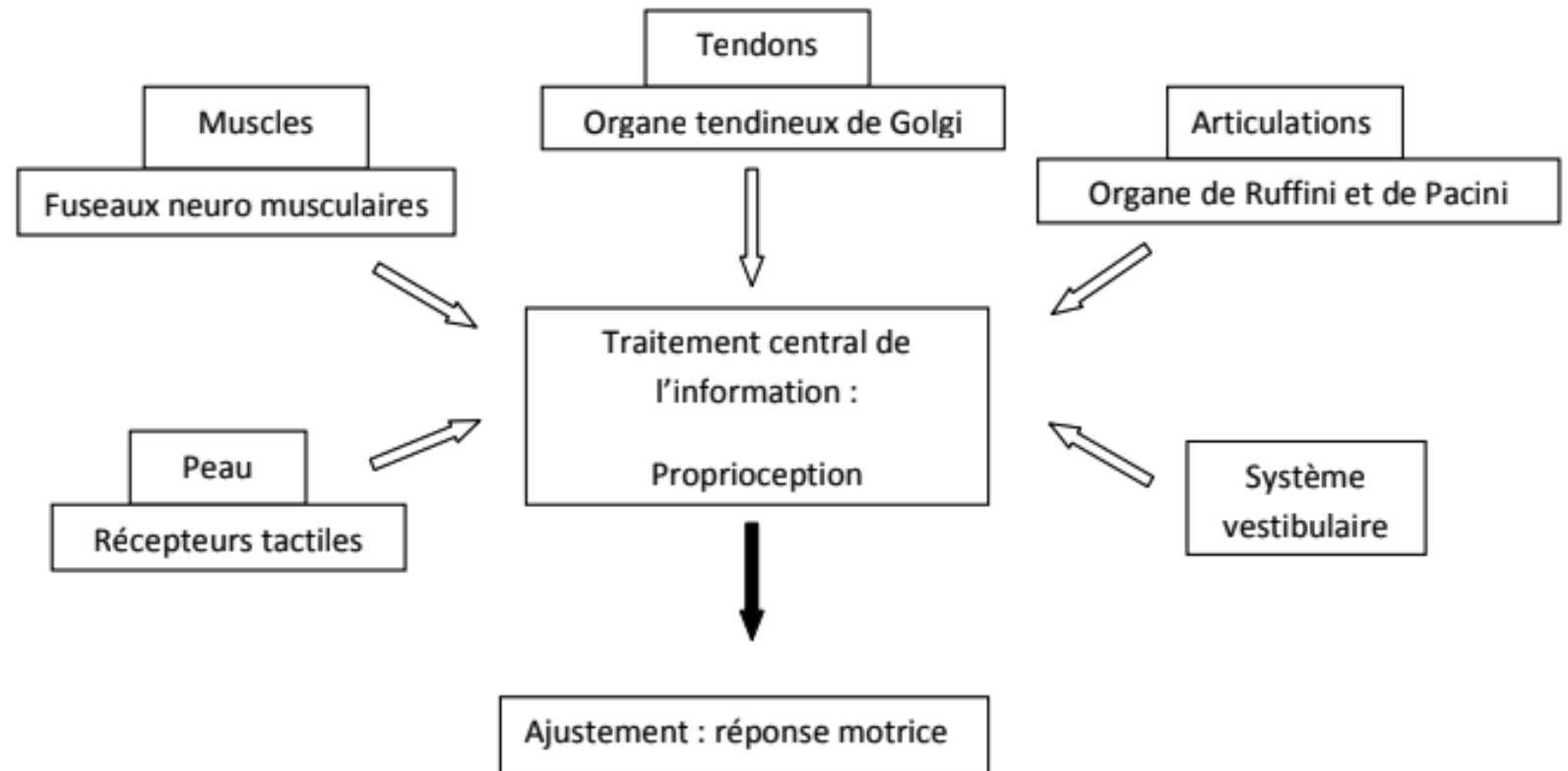
- Troubles des afférences proprioceptives
- Atteinte du tissu conjonctif (mutation du collagène) au niveau des mécanorécepteurs : laxité, hypermobilité articulaire
- Déficit qui interfère avec la boucle feedback sensori-motrice
- Stimulation des interfaces/afférences somato-sensorielles favorise les stratégies sensori-motrices physiologiques et compensatoires
- Rombaut & al 2010
- Hall & al 1995
- Sahin & al 2008
- Beighton & al 1998, 1992, 1997
- Clayton & al 2013, 2015

## **Balance, Gait, Falls, and Fear of Falling in Women With the Hypermobility Type of Ehlers-Danlos Syndrome**

LIES ROMBAUT,<sup>1</sup> FRANSISKA MALFAIT,<sup>2</sup> INGE DE WANDELE,<sup>1</sup> YOURI THIJS,<sup>1</sup>  
TANNEKE PALMANS,<sup>1</sup> ANNE DE PAEPE,<sup>2</sup> AND PATRICK CALDERS<sup>1</sup>

# AFFERENCES

- **FNM (fibres intra-fusales):**
  - Mécanorécepteur, sensible à l'étirement, réflexe myotatique, sensible à la tension,
  - Rôle déterminant dans le maintien du tonus postural.
- **OTG :**
  - Mécanorécepteur tendineux, sensible à la tension (longueur dpt) + degré de force musculaire
- **Organes de Ruffini et Pacini :**
  - Mécanorécepteurs capsulo-ligamentaires et articulaires
- **Cutané :**
  - Extérocepteurs, sensible au contact (pression) et plantaire
- **Système vestibulaire +++**
  - CSC
  - Sacule et utricule
- **Système visuel +++**
  - M. oculomoteurs extrinsèques
- *Le Carvozin P. & al Neurophysiologie de la fonction proprioceptive et récupération postlésionnelle*
- *Rombaut L. & al*



# Préalable : Bilan des afférences

- **Bilan visuel et oculo-moteur :**

- Acuité visuelle et correction, m. oculomoteurs extrinsèques
- Vision binoculaire > monoculaire, convergence, dominance oculaire
- Nystagmus, saccades, poursuite oculaire
- Test de ROMBERG YO/YF

- **Bilan vestibulaire :**

- CSC : Accélérations angulaires de la tête et du mouvement
- Sacculle et utricule (otolithes) : Accélérations linéaires de la tête
- Réflexe oculovestibulaire, explorations vestibulaires caloriques, vidéo-nystagmographie

- **Bilan postural :**

- Centre de masse : Barycentre des poids des différents segments du corps
- Centre de pression : Pression exercée par les pieds d'un sujet en un seul point (statokinésigramme)
- Plateforme statique de stabilométrie : Mesure des entrées sensorielles
- Plateforme dynamique : Analyse des stratégies de réajustement de l'équilibre postural, du polygone de sustentation
- Bilan podologique

# Afférences proprioceptives : Ce que l'on sait...

- Proprioception et système visuel :
  - Le système visuel oculomoteur influence directement le système postural.
  - Synergie réflexe des muscles de la nuque et de l'activité des m. oculomoteurs extrinsèques (FNM)
  - **Corrélation directe entre afférences visuelles et proprioception cervicale**
- Proprioception cervicale et système vestibulaire :
  - **Influence de l'extension du cou sur le contrôle postural**
  - Entrée vestibulaire interrompue lorsque la tête est en hyperextension jusqu'à 55° : influence diminuée du système vestibulaire => détérioration de la stabilité posturale.
    - *Jackson & al ; Epstein & al 1991*
  - Inclinaison de la tête influence aussi bien le système vestibulaire que la proprioception cervicale jusqu'à celle de la cheville et de la plante du pied.
    - *Buckley & al 2005; Jackson et Epstein 1991; Paloski & al 2006*

# Afférences proprioceptives : Ce que l'on sait...

- *La proprioception : Afférence sensorielle la plus susceptible d'acquisition par la pratique d'activités physiques et sportives*
  - *Crémieux & al 2005; Mesure & al 1995; Denis & al 1996; Perrin 1996; Perrin & al 2002*
- *Apport de la réalité virtuelle* : Voie de travail et de progrès
  - *Nombreuses études chez les patients SEP, AVC et les sujets âgés*
  - *Pas étudié dans cette atteinte*
- **Intérêt de renforcer ces afférences à travers la reprogrammation sensori-motrice afin d'observer un meilleur contrôle de l'équilibre postural statique et dynamique.**



Processus  
d'apprentissage :  
Les différentes  
composantes  
quantifiables



# ASM (1)

- « Ensemble de processus associés à l'exercice ou l'expérience conduisant à des modifications relativement permanentes du comportement habile »
  - *Schmidt & al 1988*

3 phases d'apprentissage :

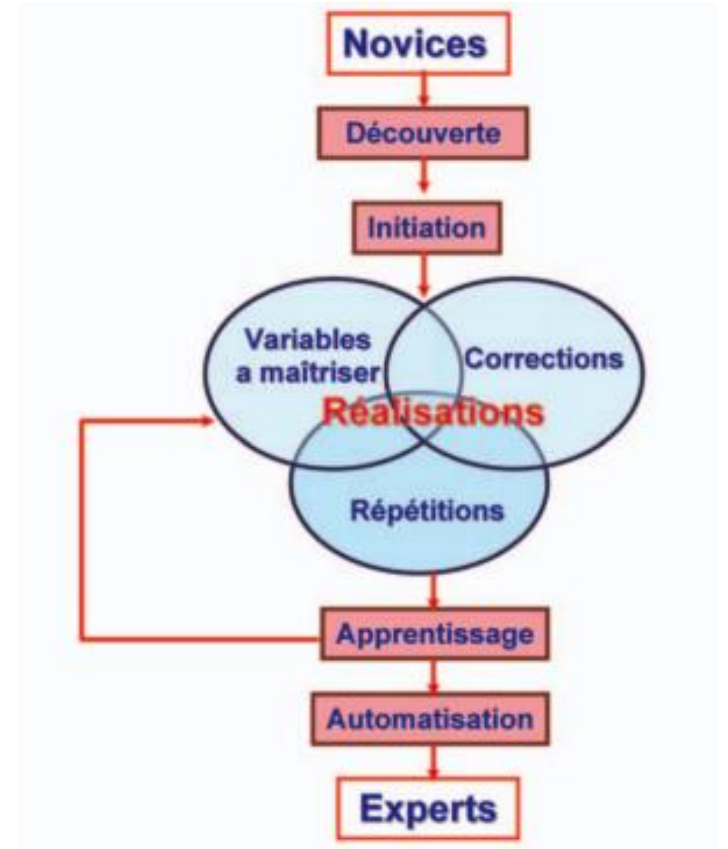
- **1 - La phase cognitive : Séquentialisation de la tâche en sous-tâches**
  - Importance ETP et thérapeute ++
  - Début de la pratique
  - Nécessite :
    - MOTIVATION +++
    - Verbalisation
    - Explications : Buts à poursuivre, procédures à utiliser
    - Critères de réalisation et de réussite
    - Adaptation comportementale

# ASM (2)

- **2 - La phase associative :**
  - Autonomisation **progressive** des processus de production et de contrôle des actions motrices
  - Intégration des sous-tâches au niveau des centres supérieurs (segmentaire puis supra-segmentaire)
  - Créer une **stratégie élaborée**, centrée sur les éléments informatifs sensoriels
  - Modification du schéma corporel, auto-évaluation
- **3 - La phase autonome :** *Smetacek & Meschner, 2004*
  - Economie d'une exploration exhaustive
  - Eviter l'effet précipitation lorsque le temps imparti à l'exploration situationnelle est limité
  - Réduire l'incertitude évènementielle : ANTICIPATION +++ = FEEDFORWARD
- **Informations sensorielles** : issues des trois systèmes (P/V/V), leur combinaison est nécessaire pour une bonne appréhension de la situation.
- **Référentiels spatiaux** : Références internes élaborées par et pour l'utilisation des informations sensorielles, centrés sur l'environnement (exo), l'individu (ego) et la gravité (géo).
- Passage d'un processus de **FEEDBACK** à un processus de **FEED-FORWARD**.

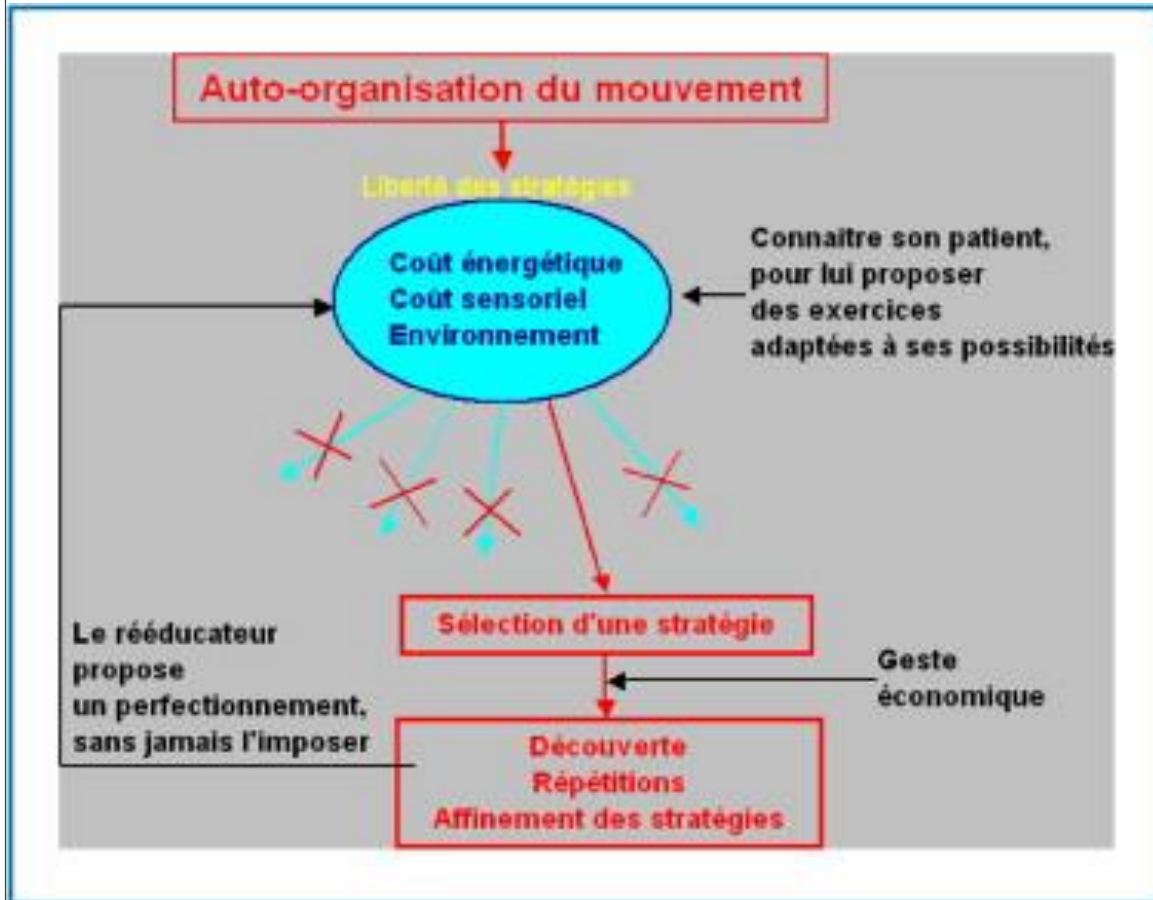
# ASM (3)

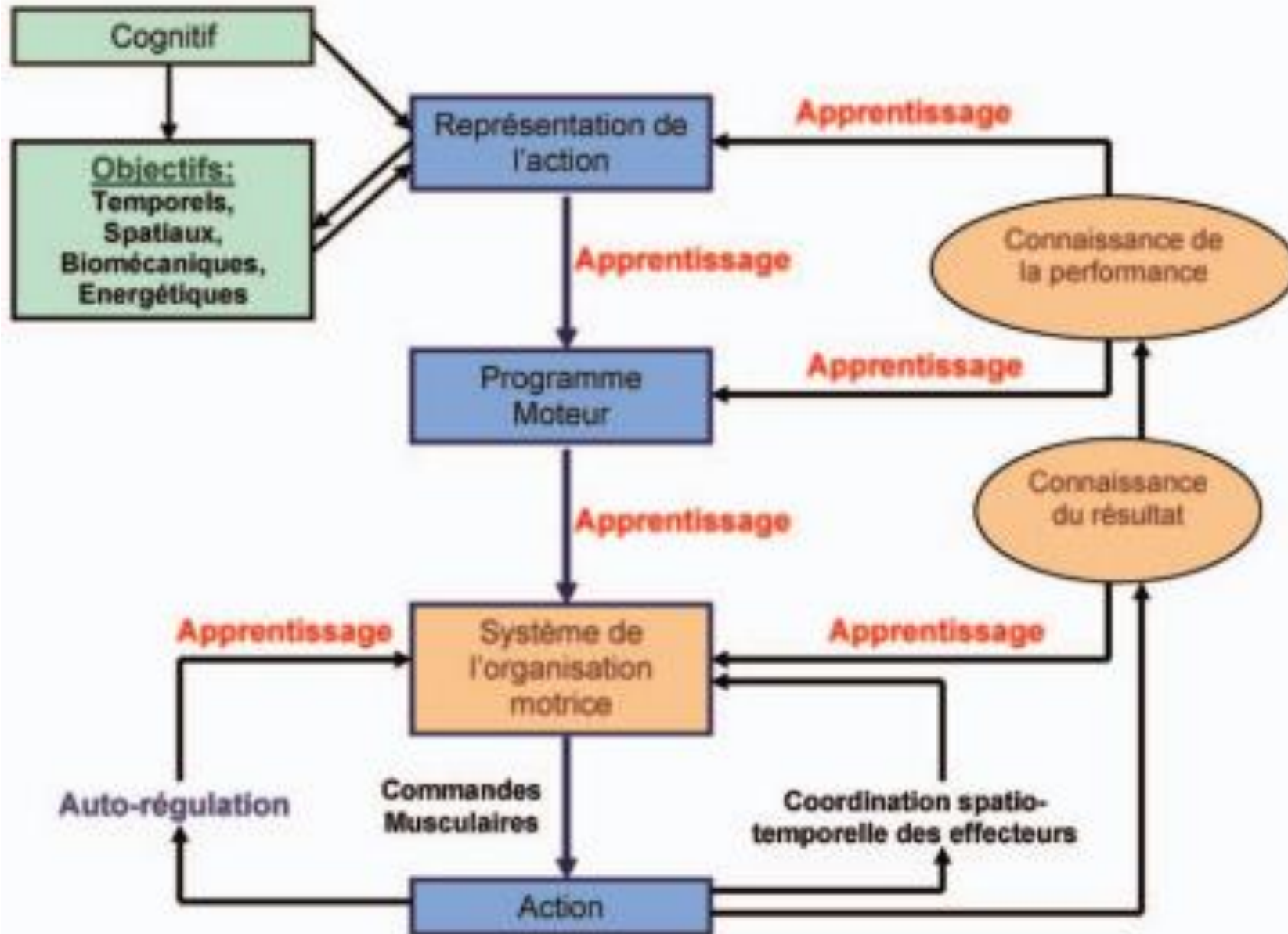
- **Autonomisation du geste**
- **Développement ou amélioration des entrées sensorielles**
- **Acquisition de programmes moteurs particuliers**
- **Nouvelles connexions neuronales entre les aires perceptives et motrices**
- **Réponse en sécurité, plus rapide et adaptée**
- Conséquences :
  - **Performance motrice :**
    - Produit de l'adaptation du système cognitif et sensori-moteur du sujet aux contraintes situationnelles auxquelles il est confronté.
    - Quantifiable
  - **Habilité motrice :**
    - Multi-segmentaire ou posturo-segmentaire
    - Coordination finalisée par une performance quantifiable
      - Centre de pression, vitesse d'exécution, précision, force
    - Echelle d'évaluation de la performance
    - Relation coordination/performance non équivoque



# Schéma de l'auto-organisation du mouvement

- A partir des informations sensorielles renforcées, énergétiques et environnementales
- Le patient sélectionne une stratégie qu'il va automatiser.
- **Progression ++**
- **Rôle du rééducateur :**
  - Guidance, motivation,
  - Perfectionnement de la stratégie,
  - Prise de conscience corporelle





## REPROGRAMMATION SENSORI-MOTRICE

- REAPPRENTISSAGE SM
- RENFORCEMENTS DES INDICES VISUELS, SOMESTHESIQUES, PROPRIOCEPTIFS, VESTIBULAIRES
- RENFORCEMENT DE LA BOUCLE SM
- CONTROLE SEGMENTAIRE ET SUPRA-SEGMENTAIRE
- HABILITE MOTRICE
- FEEDBACK
- FEEDFORWARD – Anticipation



# En pratique...

- **Etape de facilitation :**

- Inhiber tout ce qui gêne l'apparition d'une reprise d'activité
  - Douleurs, fatigue, kinésiophobie, catastrophisme,...)
- Eveiller les potentiels moteurs :
  - contractions évoquées, mobilisations passives, massages, physiothérapie, travail dans l'indolence

- **Etape de renforcement de la stabilité**

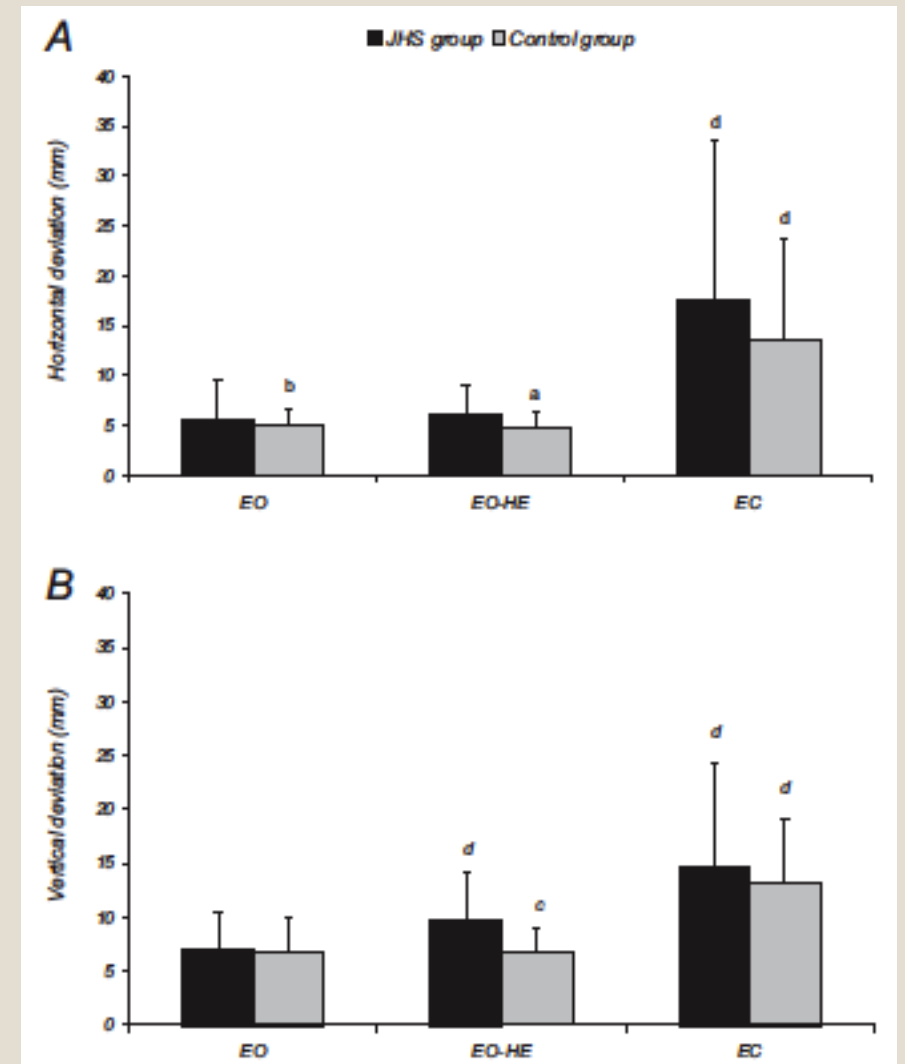
- Travail global
- Renforcement musculaire en progression en s'appuyant sur les différentes entrées neuro-sensorielles
- Contractions musculaires, courses musculaires, chaînes cinétiques fermées
- Maintien postural stable en valorisant le travail statique puis dynamique

- **Etape de correction de l'instabilité**

- Contrôle et maintien des positions instables en intégrant un travail dynamique, polyarticulaire, de coordination
- Sécurité => Travail fonctionnel
- Faire appel progressivement au relai instrumental
- Vaincre les situations déstabilisantes :
  - appui sur des situations antérieures, adaptation des schémas moteurs
- Gestion progressive du contrôle moteur en vue de permettre l'anticipation, induite par les aspects sensoriels renforcés.

# Revue de la littérature

- Nombreuses études :
  - **Rôle central de la prise en charge rééducative globale des patients atteint d'un SED (forme hypermobile)/JHS**
- Actuellement :
  - **Peu de preuves sur la RSM dans la prise en charge du SEDh**
- *Static and dynamic body balance following provocation of the visual and vestibular systems in females with and without joint hypermobility syndrome. Iatridou K & al, 2014*
  - 21 femmes JHS / 20 femmes non JHS
  - Mesure du centre de pression sur plateforme de force stabilométrique
  - Troubles de l'équilibre significatifs YO, YO + tête en hyperextension et YF par rapport aux sujets du groupe contrôle
- **Au total :**
  - **Importance majeure du contrôle visuel et/ou vestibulaire** dans l'équilibre postural chez les patientes JHS, avec une atteinte du système proprioceptif entraînant des modifications dans l'intégration supra-segmentaire par feedback et feedforward





# Conclusions (1)

- Double niveau sensori-moteur avec **processus cognitif et adaptatif** du traitement des entrées sensorielles avec notion de **charge attentionnelle et motivationnelle**
- Apprentissage : Théorie du contrôle moteur
- 3 Phases cognitive, associative puis autonome
- Rôle du rééducateur :
  - Motivation, guidance, sécurité, ETP
  - Facilitation, renforcement de la stabilité, correction de l'instabilité et coordination
    - Faciliter la recalibration par le SN des entrées neuro-sensorielles disponibles
    - Développer la capacité à commuter : passer d'un programme sensori-moteur à l'autre
- Travail global puis fonctionnel +++
- FEEDBACK puis FEEDFORWARD = anticipation pour réduire l'incertitude événementielle
- Possibilité d'évaluer une performance motrice dans le temps

# Conclusions (2)

- Intérêt de la **redondance sensorielle** pour appréhender l'environnement
- Appui sur le renfort des interfaces visuelles, vestibulaires, posturales, somesthésiques et extéroceptives plantaires.
- **Objectifs :**
  - Redonner maîtrise et sécurité aux mouvements, déplacements
  - Réduire les risques de chutes, entorses, luxations, douleurs, fatigue...
  - Améliorer le renforcement musculaire, l'endurance à l'effort, l'harmonie du mouvement dans un cadre en interaction constante avec l'environnement
  - Adapter les nécessité d'équilibration aux nécessités de la vie quotidienne.
- Revue de la littérature :
  - Preuve du rôle central de la rééducation globale et de la prise en charge de la douleur dans la prise en charge des SEDh
  - Importance du **contrôle visuel et/ou vestibulaire** dans l'équilibre postural chez les patients présentant un syndrome d'hypermobilité articulaire.
  - **Actuellement, nécessité de mener plus d'études validées à plus grande échelle : encore trop peu de données**

# Bibliographie (1)

- Balance, gait, falls, and fear of falling in women with the hypermobility type of Ehlers-Danlos syndrome. Rombaut & al
- Effect of physical training in head-hip coordinated movements during quiet stance. Mesure S, Amblard B, Crémieux J. Neuro report 1997
- Strategies of segmental stabilization during gait in Parkinson's disease. Mesure S, Azulay JP, Amblard B, Pouget J.
- Schmidt R. Motor control and learning. Champaign, IH: Human Kinetics publishers; 1988.
- Paillard J. Motor and representational framing of space. In Paillard J, editor. Brain and Space. Oxford: Oxford University Press; 1991.
- Les recherches actuelles sur l'apprentissage moteur. Famose JP. In: Recherches et Pratiques des APS.
- Relationship between changes in vestibular sensory reweighting and postural control complexity. [Cone BL](#)<sup>1</sup>, [Goble DJ](#)<sup>2</sup>, [Rhea CK](#)<sup>3</sup>.
- Towards the enhancement of body standing balance recovery by means of a wireless audio-biofeedback system. [Costantini G](#)<sup>1</sup>, [Casali D](#)<sup>1</sup>, [Paolizzo F](#)<sup>2</sup>, [Alessandrini M](#)<sup>3</sup>, [Miccarelli A](#)<sup>3</sup>, [Viziano A](#)<sup>3</sup>, [Saggio G](#)<sup>4</sup>.
- Auditory white noise reduces postural fluctuations even in the absence of vision. [Ross JM](#)<sup>1</sup>, [Balasubramaniam R](#).
- Audio-motor but not visuo-motor temporal recalibration speeds up sensory processing. [Sugano Y](#)<sup>1</sup>, [Keetels M](#)<sup>2</sup>, [Vroomen J](#)<sup>2</sup>
- Dissociating error-based and reinforcement-based loss functions during sensorimotor learning. [Cashaback JGA](#)<sup>1</sup>, [McGregor HR](#)<sup>1,2</sup>, [Mohatarem A](#)<sup>3</sup>, [Gribble PL](#)<sup>1,4</sup>.
- Supplemental vibrotactile feedback control of stabilization and reaching actions of the arm using limb state and position error encodings. [Krueger AR](#)<sup>1,2</sup>, [Giannoni P](#)<sup>2</sup>, [Shah V](#)<sup>1</sup>, [Casadio M](#)<sup>2,3</sup>, [Scheidt RA](#)<sup>4,5,6,7,8</sup>.

# Bibliographie (2)

- Physiotherapy and occupational therapy in the hypermobile adult, Keer & al, 2010
- Evaluation of posture and pain in persons with benign joint hypermobility syndrome, Booshanam & al, 2010 : Le premier article à mettre en évidence l'importance de la prise en charge posturale
- Multidisciplinary Treatment of Disability in Ehlers–Danlos Syndrome Hypermobility Type/Hypermobility Syndrome : A Pilot Study Using a Combination of Physical and Cognitive-Behavioral Therapy on 12 Women. Bathen & al 2013
- Proprioception et posture dans le syndrome d'Ehlers-Danlos, Deparcy & al, 2016
- The evidence-based rationale for physical therapy treatment of children, adolescents and adults diagnosed with joint hypermobility syndrome/hypermobility Ehlers-Danlos syndrome. Engelbert RH & al, 2017
- Do people with benign joint hypermobility syndrome (BJHS) have reduced joint proprioception? A systematic review and meta-analysis. Smith, T. O. *et al*
- Ehlers-Danlos Syndrome, Hypermobility Type : Impact of Somatosensory Orthoses on Postural Control. Dupuy, E. G. *et al*.
- Joint protection and physical rehabilitation of the adult with hypermobility syndrome. Keer, R. & Simmonds, J.
- Proprioceptive precision is impaired in Ehlers-Danlos syndrome. Clayton, H. A., Jones, S. A. H. & Henriques, D. Y. P.
- Proprioceptive sensitivity in Ehlers-Danlos syndrome patients. Clayton, H. A., Cressman, E. K. & Henriques, D. Y. P.
- Static and dynamic body balance following provocation of the visual and vestibular systems in females with and without joint hypermobility syndrome. Iatridou, K., Mandalidis, D., Chronopoulos, E., Vagenas, G. & Athanasopoulos, S.
- Motor learning : Concepts and applications. Magill R.