

ARNAUD CHOPLIN



DIDACTIQUE APPLIQUÉE À LA NEURORÉÉDUCATION

TOME I

*TROIS APPROCHES NEURO-RÉÉDUCATIVES GÉNÉRALISTES :
LA, LES SENSIBILITÉS, LES PATHOLOGIES PÉRIPHÉRIQUES,
LE BLESSÉ MÉDULLAIRE*



Formateur à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie (IFMK) niçois depuis 2007, **Arnaud Choplin** est actuellement en Doctorat à l'université d'Aix-Marseille (ADEF : apprentissage, didactique, évaluation, formation) et en co-direction avec l'université de Nice Sophia Antipolis. Ses recherches portent sur la mesure et la compréhension de l'apprentissage du toucher thérapeutique. Il a exercé la masso-kinésithérapie en qualité de libéral et salarié. Depuis 1996, il est cadre de santé et à ce titre il a enseigné dans de nombreux IFMK de France.

Ont participé activement à cet ouvrage :

Le Pr Fournier-Mehouas, professeur conventionné Université Nice Sophia Antipolis, praticien Hospitalier (CHU de Nice)

Le Dr Maël Launay, neurologue (CHU de Nice),

Hélène D'Heygere, formatrice et auteur des cartographies de cet ouvrage (Lille),

Ursula Bertinchamp, advanced instructor (IPNFA de Pully en Suisse),

Isabelle D'Andréa, masseur-kinésithérapeute (Draguignan),

Cassandre Lambert, masseur-kinésithérapeute (Antibes).

Tous mes remerciements à Michel Laot, Directeur de l'IFMK Niçois, Denis Lovera, Patrick Nenert, Véronique Dubrulle, Carlo Bertoncelli qui, comme l'ensemble des étudiants de l'IFMK Niçois, m'ont interpellé sur mes idées et mes conceptions de la neuroréducation. Ils m'ont permis de rédiger cet ouvrage.

Je dois remercier tout particulièrement Roland Sultana car, bien que je ne partage pas toujours ses positionnements rééducatifs, il a été pour moi source d'inspiration et d'évolution.

Et je remercie surtout mon père qui, dans l'ombre, a exercé l'art de la masso-kinésithérapie avec brio.

Introduction – Tome I

Deux décennies de pratique du métier de formateur en masso-kinésithérapie nous ont amené à identifier les difficultés des apprenants dans l'élaboration de stratégies thérapeutiques neuro-rééducatives. La masso-kinésithérapie, comme tous les métiers dits de « santé » est une science de l'homme. Nous sommes convaincus que la difficulté d'apprendre, au sens de s'approprier une connaissance technique, ne peut se surmonter qu'avec l'aide extérieure d'un formateur dans une zone proximale de développement décrite par Lev Vygotski¹. Toute la difficulté pour ce formateur réside dans ce que l'on entend par « aide extérieure », dans cette zone où l'apprenant n'est pas capable de faire seul ce qu'il arrive à comprendre, voire à faire avec une aide extérieure. Vous l'avez compris, nous profitons de ces quelques lignes d'introduction dans la rédaction de cet ouvrage pour informer nos lecteurs de la démarche pédagogique que nous avons menée. Nous tenons à ce que cet ouvrage soit une base de réflexion, un outil pédagogique permettant d'optimiser l'efficacité de la prise en charge rééducative des patients porteurs de pathologies neurologiques, qu'elles soient périphériques ou centrales. Le modèle théorique qui nous a aidé à transformer les savoirs savants, issus de la littérature, en savoirs enseignables, utilisables dans la pratique quotidienne du rééducateur, est la transposition didactique interne et externe décrite par Yves Chevallard² en 1985. Michel Verret³, en précurseur de la transposition didactique, explique que « toute pratique d'enseignement d'un objet présuppose une transformation préalable de cet objet en objet d'enseignement » (Verret, 1975, p. 140). Yves Chevallard reprend cette

¹ Vygotski, L. (1934/1997) *Pensée & langage*. 3^{ème} édition. Paris : La dispute.

² Chevallard, Y. (1985) *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage.

³ Verret, M. (1975) *Le temps des études*. Paris : Librairie Honoré Champion

notion et l'applique aux mathématiques. La transposition didactique est le passage d'un « *savoir savant* » émanant de la noosphère et de la recherche, à un « *savoir enseigné* » se voulant adapté à l'apprentissage des techniques de neurorééducation. Yves Chevallard décrit alors deux étapes à cette transposition didactique, la transposition didactique externe et interne. La transposition didactique externe est le passage du « *savoir savant* » au « *savoir à enseigner* », plus exactement le passage des savoirs et pratiques en programmes scolaires. Emile Paun⁴ traduit les propos d'Yves Chevallard et affirme que la transposition didactique externe est une sélection rigoureuse à l'intérieur du savoir savant de ce qu'il faut transmettre de manière organisée aux apprenants (Paun, 2006, pp. 3-13). Ce qui nous permet d'affirmer que la transposition didactique interne est le passage du « *savoir à enseigner* » au « *savoir enseigné* ». C'est l'ensemble des transformations apportées à la sélection du formateur pour un apprentissage et un enseignement adapté. Dans une approche pédagogique socio-constructiviste, le modèle « imitation-modélisation-interactive » développé par Fayda Winnykamen⁵ définit dès 1985 « l'activité imitative comme l'utilisation intentionnelle de l'action observée d'autrui en tant que source d'informations en vue d'atteindre son propre but » (Winnykamen, 1990, p. 13). Ce modèle permet de répondre à nos attentes pédagogiques. L'apprentissage des techniques de neurorééducation peut se faire par imitations décalées, c'est-à-dire « à propos du degré de similitude entre la conduite imitée et la conduite imitative » (Winnykamen, 1990, p. 14). Cet auteur met l'accent sur le fait que ce n'est pas parce que l'enseignant aura montré le « bon » geste qu'il observera une similitude entre le comportement modèle et le comportement imitatif. Fayda Winnykamen en profite pour faire une différence entre imitation et modélisation. Elle précise que lorsque l'on imite, l'accent est mis sur celui que l'on observe. Ce qui ne peut correspondre à l'appropriation de l'acquisition d'une capacité rééducative. Alors que lorsque l'on modélise, l'accent est mis sur le modèle ou sur l'emploi de celui-ci. C'est ce que Fayda Winnykamen (1990, p. 15) nomme « dyade », où le formé aura mis en place une situation asymétrique d'apprentissage au travers du modèle « imitation-observation ». Il s'agit bien là d'un outil pédagogique à la disposition du formateur qui pourra permettre à certains apprenants de faire l'acquisition des différentes techniques neurorééducatives à travers la proposition méthodologique que nous proposons dans cet ouvrage. Fayda

⁴ Paun, E. (2006, février 11) Transposition didactique : un processus de construction du savoir scolaire. *Carrefours de l'éducation*, n°22, pp. 3-13.

⁵ Winnykamen, F. (1990) *Apprendre en imitant*. Paris : PUF.

Winnykamen (1990, p. 325) affirme que l'imitation est un instrument d'acquisition mais aussi de communication inter relationnel. Elle précise que la capacité des apprenants à s'écarter du modèle d'exécution proposé ou de s'y conformer permet de dire que « l'imitation apparaît comme l'un des moyens de résolution au sein d'un réseau pluri-processus ». Tout ne s'acquiert pas par imitation. L'imitation peut intervenir ponctuellement en symbiose avec les autres mécanismes. Elle se détermine par rapport aux travaux de Vygotski dans ce qu'elle appelle la « dyade asymétrique », où le formateur favorise les progrès de l'apprenti palpeur, dans la juste mesure de la Zone Proximale de Développement (ZPD). « Augmenter l'autonomie du sujet apprenant, c'est augmenter sa liberté de choix à l'égard des procédures et des mécanismes disponibles » (Winnykamen, 1990, p. 335). Ce détour par les théories d'apprentissage permet aux lecteurs un positionnement afin de profiter au mieux du contenu proposé.

« Comprendre » puis « apprendre ». Si l'on reprend la signification historico-étymologique du verbe « apprendre », le sens le plus antique s'entend sous la forme « d'étudier, acquérir une connaissance ». *To learn* pour les Anglo-Saxons. « Apprendre » prend le sens de « s'habituer, s'accoutumer à » (Hear), « fixer dans sa mémoire » (*teach, or master*), « donner de la connaissance » (impart). Du latin *apprehendere* qui signifie « prendre, saisir par l'esprit », « apprendre » sous-entend ainsi une appropriation par l'individu apprenant. Ces données nous permettent de faire le choix de théories d'apprentissage par transposition didactique (Yves Chevallard) et par modèle d'imitation-modélisation-interactive (Fayda Winnykamen). Ainsi, la construction des compétences neurorééducatives est vue sous l'angle de ces deux approches. Dans ces conditions, cet ouvrage s'adresse à tous les acteurs médicaux et paramédicaux, médecins, rééducateurs (kinésithérapeutes, ergothérapeutes, psychomotriciens...), biologistes, qui veulent appréhender les concepts de neuro rééducation.

C'est pour ces raisons que nous avons eu l'idée de proposer une approche consensuelle référencée des différents syndromes neurologiques qui se rééduquent. À savoir, et dans l'ordre logique de présentation, les deux premiers chapitres exposent la sensibilité et la motricité car il s'agit des « incontournables » dans le cadre de la prise en charge du traitement de ces pathologies. Ensuite seront abordées les pathologies du système nerveux périphérique. La rééducation des pathologies périphériques est rationnelle, elle présente une rééducation procédurale qui permet au novice de suivre un protocole préétabli que nous avons décrit très précisément. Puis nous nous rapprocherons de l'axe du corps pour nous arrêter sur les problématiques médullaires. À mi-chemin entre l'utilisation des techniques

procédurales décrites dans l'approche des pathologies périphériques et la présence de signes cliniques centraux, la prise en charge des blessés médullaires est spécifique. Notons d'ores et déjà que dans le tome II, nous décrirons trois concepts ou méthodes différents dans la prise en charge des patients hémiplegiques. La méthode Bobath repose sur un principe d'inhibition de la spasticité afin d'améliorer l'émergence d'une motricité volontaire altérée. Le concept sensitivo-moteur de Perfetti fait le pari qu'un entraînement fonctionnel de la sensibilité permet une réhabilitation du geste moteur. Tandis que la méthode des facilitations neuro-motrices organise la reprise de l'activité motrice en suivant les stades naturels d'évolution de la motricité.

L'utilisation socioconstructiviste des modèles d'apprentissages permet une traduction du texte à l'aide de cartes conceptuelles. Nous pensons qu'elles permettront aux lecteurs de faciliter et d'améliorer le processus d'apprentissage d'une part, mais aussi d'organiser la réflexion du praticien (outil didactique) d'autre part.

L'objectif général de cet ouvrage est de mettre en place des stratégies rééducatives adaptées en fonction de la pathologie neurologique que présente le patient. Nous n'avons pas la prétention de penser qu'il s'agit de procédures exhaustives, bien au contraire, mais d'une base de réflexion qui pourra nourrir des projets de rééducation en fonction de l'élaboration d'un diagnostic médical et kinésithérapique indispensable à l'élaboration d'une perspective rééducative individualisée.

Chapitre 1

La, les sensibilités en kinésithérapie

Avant-propos

Le masseur-kinésithérapeute doit être en mesure de réaliser et d'interpréter les résultats d'un bilan sensitif ; il soumet les résultats de ce bilan diagnostique au médecin prescripteur. Il s'agit, pour le masseur-kinésithérapeute, d'une compétence qu'il pourra utiliser transversalement, car ces « tests sensitifs » devront être réalisés pour la plupart des patients. Cette recherche sensitive est primordiale et systématique dans toutes les prises en charge neuro-rééducatives périphériques et centrales.

1. Généralités

1.1. Le toucher

La sensibilité, conséquence du toucher, est l'un de nos cinq sens avec l'ouïe, le goût, l'odorat et la vue, un sens par lequel nous pouvons percevoir le froid, le chaud, le relief, l'agression douloureuse.... (Fredembach, 2009). Il s'agit d'un sens omniprésent. Dans notre langage courant, on retrouve des expressions comme c'est « *un touche à tout* », il a « *touché le fond* », il faut « *toucher du bois* »... Différentes connotations le caractérisent. Il est utilisé dans un vocabulaire économique : « *toucher le chômage* », « *toucher un héritage* »... mais on le retrouve aussi en pédagogie avec l'apprentissage par le toucher. Des recherches sur le sens haptique (percevoir avec ses mains) sont d'ailleurs menées par le Professeur Édouard Gentaz du CNRS de Grenoble (2009) qui travaille sur la perception tacto-kinesthésique où le toucher permet de connaître et d'apprendre. Son expérience sur l'apprentissage de la

reconnaissance des lettres montre que l'utilisation des sons et du toucher permettrait aux enfants de lire deux fois plus de lettres que les autres enfants ayant bénéficié d'un apprentissage n'utilisant pas le toucher (Fredembach, 2009). On retrouve le toucher dans la communication où il permet de mieux comprendre la parole. Le toucher fait partie de la communication non verbale (Hieronimus, 2003). Une lecture sexuelle du toucher, d'après un sondage IFOP, montre que 87 % des sondés disent que c'est le toucher le plus important dans l'apport sexuel. Harlow a dit cette jolie phrase : « *C'est par la peau principalement que nous sommes devenus des êtres aimants* ». La lecture philo-psychologique du toucher permet à Jean-Paul Sartre de le faire « *osciller entre raffinement et gaucherie* ». Les sciences médicales sont aussi largement représentées avec le toucher qui guérit, le toucher thérapeutique, le massage, le toucher rectal, le toucher diagnostique (palpatoire) et la relaxation par le toucher...

Dans tous les cas de figure, il s'agit d'un sens d'évaluation qui permet de prendre conscience de nouvelles informations et de les corréliser avec d'autres informations sensorielles non détectées par les autres sens.

1.2. Le toucher est un besoin

On constate une perturbation du développement chez l'enfant privé du toucher, car ce dernier joue un rôle essentiel dans le développement perceptif et cognitif des personnes. Les nouveau-nés, dès les premiers jours, sont capables de percevoir avec les mains certaines propriétés d'objets palpables, après quelques dizaines de secondes et de transférer ces informations à la vision (Montagu, 1979). C'est en 1950 avec l'expérience de Harlow (Harlow, 1974, in Gruen, 1987) que le besoin de toucher prend toute son importance et permet de prendre conscience de soi et d'autrui. Cette expérience est menée sur treize soignants volontaires qui ont suivi la formation au toucher-massage. Au cours des trois mois suivants, chacun avait à effectuer cinq interventions d'environ dix minutes sur des patients. Au total, cinquante-trois personnes âgées en moyenne de quatre-vingt-trois ans ont ainsi été « touchées ». Il en ressort que ce toucher-massage a agi de manière significative sur le bien-être général de ces patients âgés et ce tout de suite après la période de massage : il a été constaté que les traits de leur visage étaient plus détendus, qu'ils avaient une meilleure disposition à bouger et à communiquer. Un aspect inattendu s'est révélé : la satisfaction du personnel soignant (Rapin, 2002).

1.3. Les effets positifs du toucher

Le toucher diminue l'anxiété, améliore le système immunitaire, provoque un sentiment de bien-être et il constitue un mode d'apprentissage à part entière (Hieronimus, 2003). Le toucher dans le soin est un équilibre permanent entre toucher relationnel et toucher « thérapeutique ». Il permet d'entrer en relation avec autrui. Il est l'équivalent d'un « *Bonjour !* », d'un échange qui renseigne déjà sur la personne. Il oriente le masseur-kinésithérapeute dans ses choix thérapeutiques selon des indications que ses mains lui fournissent : chaleur, froid, rétractions, tensions musculaires... guident le travail à effectuer dans cette écoute des tissus. Il permet ainsi d'élaborer une partie des éléments du diagnostic masso-kinésithérapique.

En conclusion, le toucher ne s'impose jamais. Il se propose comme une relation durable entre celui qui donne et celui qui accepte de recevoir, entre celui qui touche et celui qui est touché (Crapart, 2009).

1.4. La différence entre toucher et masser

Nous venons de voir avec l'expérience d'Harlow, que le toucher permet une relation « gagnant-gagnant » dans laquelle le masseur reçoit autant que le massé. C'est au travers du concept des unités kangourous (Focillon, 1943) que Courjou, dans son article de 2006, propose un programme thérapeutique qui encourage la mère à porter son enfant prématuré nu contre sa chair dans le but d'accroître les chances de survie de l'enfant (Courjou, 2006). Ces deux expériences d'Harlow et de Focillon ont mesuré et évalué l'importance du « toucher-contact » (Focillon, 1943). Une position différente, plus mécaniste, peut être envisagée, pour laquelle le toucher ne serait pas un massage mais où, par contre, le massage serait un toucher. Dans cette vision, « on entend par massage toute manœuvre externe, réalisée sur les tissus, dans un but thérapeutique ou non, de façon manuelle ou par l'intermédiaire d'appareils autres que les appareils d'électrothérapie, avec ou sans l'aide de produits, qui comporte une mobilisation ou une stimulation méthodique, mécanique ou réflexe de ces tissus » (Code de la Santé Publique, 2004).

1.5. Les récepteurs du toucher

Il existe sous l'épiderme, hormis les disques de Merkel qui sont dans l'épiderme, divers récepteurs spécialisés chacun dans un type précis de toucher. Ce ne sont pas les mêmes récepteurs qui recueillent les informations sur la douleur ou qui recueillent l'information discriminative. Il existe des récepteurs à la sensibilité thermique (froid et

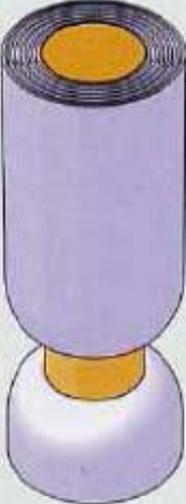
chaud), des récepteurs à la pression discriminative capables de percevoir les petits reliefs, des récepteurs à la pression appuyée et profonde, des récepteurs à la douleur. Chacun de ces récepteurs n'envoie qu'un seul type d'informations, au moyen d'un nerf centripète. Tous les axones qui véhiculent ces diverses informations (froid, chaud, douleur, etc.) vont aboutir dans un ganglion nerveux situé dans la moelle épinière. Lorsque le sens du toucher est diminué, on parle d'hypoesthésie (Garnier-Delmare, 1986, p. 406). Lorsqu'il est totalement absent, on parle d'anesthésie (*Ibid.*, p. 41). Lorsqu'il est anormalement augmenté, on parle d'hyperesthésie (*Ibid.* p. 393). Les erreurs d'interprétation du toucher sont des dysesthésies (*Ibid.*, p. 239) ou des paresthésies (*Ibid.*, p. 212). Ce sont des sensations bizarres comme la sensation de brûlure, de cuisson, de démangeaisons, de picotements, de fourmis, de courant électrique, de toile d'araignée... que le patient exprime pour interpréter la modification de sa sensation de toucher. De par leur difficulté d'interprétation, tous les tests sensitifs se réalisent les yeux fermés dans un local calme afin de donner le minimum d'informations au patient. Il faut bien avoir à l'esprit que les compensations sensitives représentent la difficulté majeure de ces tests. Elles sont moins perceptibles que lors de la réalisation d'un bilan musculaire type Testing (Lacôte, 2008). La fiabilité de ces évaluations repose non seulement sur la reproductibilité, mais aussi sur la méthodologie employée. C'est pour cette raison qu'un protocole (méthode reproductible) doit être respecté et mis en place. Les différents tests effectués seront décrits ultérieurement.

2. Présentation des récepteurs et fibres sensitives

La littérature nous permet d'appréhender deux classifications des fibres sensitives. Ici, notre choix s'est porté sur la classification d'Erlanger Gasser, la plus fréquemment rencontrée dans la littérature. Elle offre une classification en fonction du diamètre des fibres sensitives. Le tableau de correspondance ci-dessous, issu du site de Gérard Outrequin, (2007, p. 9) permettra de passer d'un référentiel à l'autre sans problème :

Classification fonctionnelle		Classification de LLOYD	Classification de ERLANGER-GASSER	Calibre
Systèmes sensitifs	Modalités			
Système spino – cérébelleux	Sensibilité proprioceptive inconsciente	Fuseaux N.M. : Ia Organes NT : Ib	A α	++++ 20 μ
Système lemniscal (informations)	Sensibilité tactile épicrotique + Sensibilité proprioceptive consciente (sens articulaire ou sens des positions) + Pallesthésie	II	A β	+++
Système extra – lemniscal (alarme)	Sens. thermiques Sens. tactiles protopathique	III	A γ	++
	Sensibilité douloureuse	IV	A δ	+
Système nerveux végétatif	Fibres pré-ganglionnaires (myélinisées)		B	
	Fibres post-ganglionnaires (amyéliniques)		C	

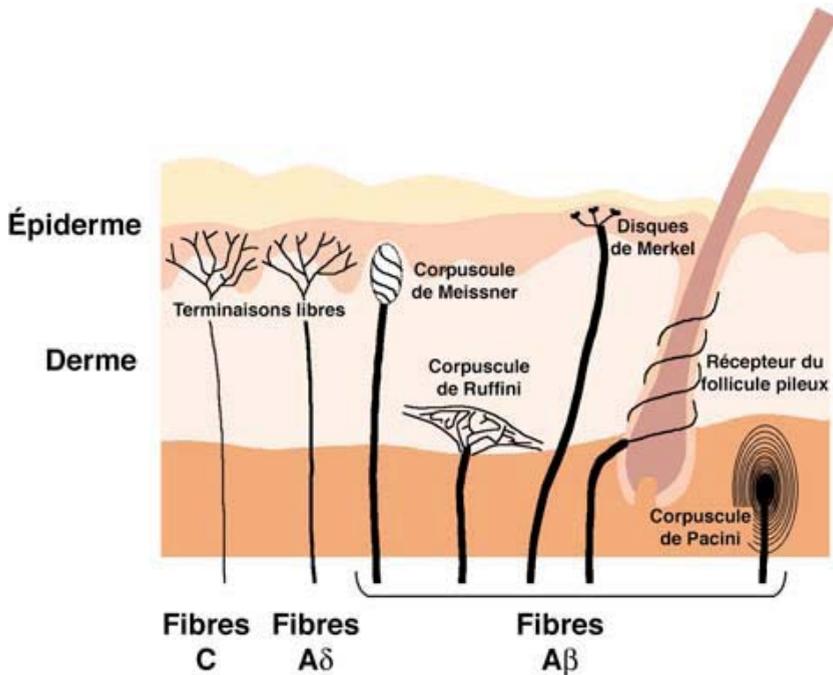
Tableau n° I-1 : Présentation des deux classifications des fibres sensitives

Axons from skin	A_{α}	A_{β}	A_{δ}	C
Axons from muscles	Group I	II	III	IV
				
Diameter (μm)	13-20	6-12	1-5	0.2-1.5
Speed (m/sec)	80-120	35-75	5-30	0.5-2
Sensory receptors	Proprioceptors of skeletal muscle	Mechanoreceptors of skin	Pain, temperature	Temperature, pain, itch

D'après (Maricic, 2009, p. 1)

Ces deux classifications suivent une logique de classement par diamètre. Plus le diamètre de la fibre est important, plus la fibre est myélinisée. Lorsque la vitesse de conduction est rapide, la transmission des signaux présente une vitesse comprise entre trente et cent dix mètres par seconde (Gentaz, 2009, p. 138). Il ne faut pas confondre vitesse de conduction et adaptation d'un récepteur. L'adaptation du récepteur est représentée par sa qualité à ressentir la stimulation dans le temps. Un récepteur aura une adaptation lente lorsque la stimulation sera ressentie longtemps, globalement plusieurs secondes durant l'application continue de la sollicitation. À l'inverse, un récepteur aura une adaptation rapide lorsque la stimulation sera ressentie ponctuellement durant l'application continue de la sollicitation. Puis la sollicitation n'est plus ressentie malgré l'application continue de la stimulation. On parle de saturation

d'un récepteur lorsque ce dernier n'est plus en mesure de produire de l'information à la fibre sensitive : soit par excès, soit par faiblesse d'intensité d'information. Adaptation, saturation du récepteur et vitesse de conduction de la fibre sensitive permettent de différencier cliniquement les récepteurs et donc de les tester plus spécifiquement.



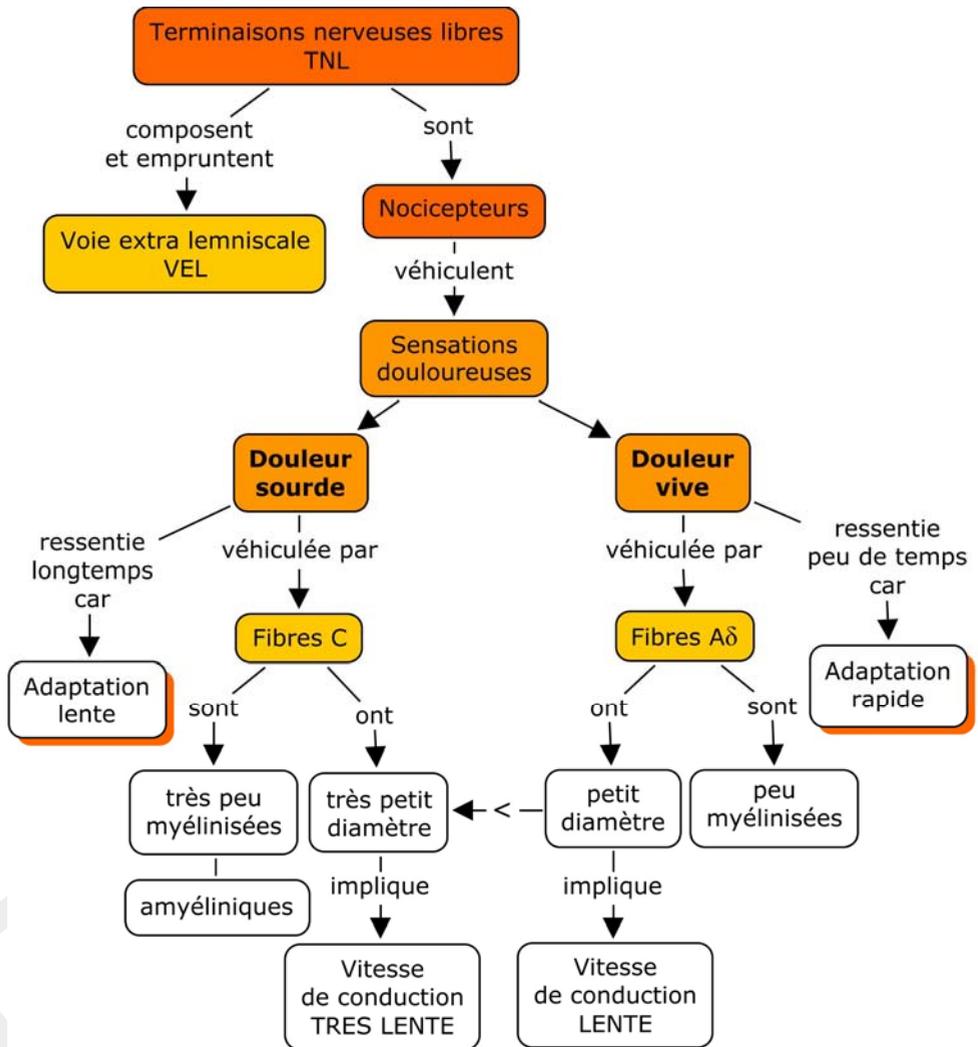
D'après (Valembois, 2006, p. 4)

2.1. Les nocicepteurs ou terminaisons nerveuses libres (TNL)

Les Terminaisons Nerveuses Libres (TNL) sont des nocicepteurs spécifiques de la transmission de l'influx douloureux. Elles composent et empruntent la Voie Extra-Lemnisciale (VEL). Les TNL sont des terminaisons axonales sans capsule qui se trouvent dans la peau et dans les tissus profonds (Bouchet, (1972) 1982, pp. 282-284) mais aussi au niveau des ligaments, des tendons, des vaisseaux sanguins, des méninges, du périoste des os, de la cornée, les voies respiratoires et au niveau des capsules qui enveloppent les organes des cavités thoraciques et abdominales, de tout type de muscle dont le myocarde (Maillot, 2002, pp. 252-253).

De ces TNL partent deux types de fibres : des fibres myélinisées A δ de petit diamètre, ou des fibres de type C de diamètre encore plus petit, encore moins myélinisées que les A δ , dites amyéliniques. Cette contrainte anatomique explique la variabilité de vitesse de conduction qui restera une vitesse de conduction dite « lente » pour ces deux types de fibres (Cambier, 2008, pp. 2-4) (Classification d'Erlanger Gasser) (Orsini, 2006, p. 269). Néanmoins, les fibres A δ véhiculeront l'information plus rapidement que les fibres C. Lorsque les TNL seront sollicitées, elles permettront d'informer longtemps les aires corticales sensibles. On parle d'adaptation lente, ce qui veut dire que l'information douloureuse est ressentie longtemps en ce qui concerne la douleur sourde. Quant à la douleur vive, elle possède une adaptation rapide et, de ce fait, est ressentie peu de temps.

Au total, ces TNL véhiculeraient deux grands types d'informations : la douleur vive (fibres A δ) et la douleur sourde (fibres C). Les TNL possèderaient des seuils relativement élevés et ne répondraient qu'à des stimulations mécaniques nocives ou à des températures extrêmes : fibres nociceptives (Maillot, 2002, pp. 252-253). Toutes les fibres nociceptives ont des terminaisons nerveuses libres (*Ibid.*). Ces fibres nociceptives présentent la particularité d'être subdivisées, selon qu'elles répondent le mieux aux lésions tissulaires mécaniques, aux températures extrêmes ou aux stimulations chimiques.



Carte n° 1 Terminaisons Nerveuses Libres (TNL)

2.2. Les thermorécepteurs

2.2.1. Les corpuscules de Ruffini

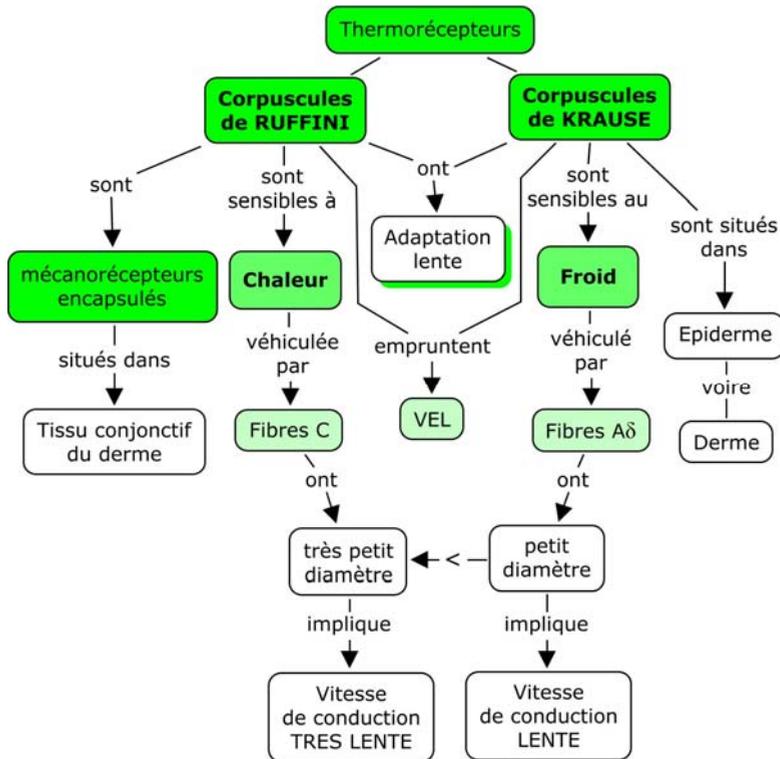
Il s'agit de mécanorécepteurs encapsulés (Johnson, 2001) (Schepers, 2010) (Outrequin, 2007) qui se situent au niveau du tissu conjonctif du derme. Ils sont très adhérents aux fibres de collagène de la matrice (Bonnet, 2008). Ils empruntent la Voie Extra-Lemniscale (VEL) (Purves, 2005). Ils bénéficient d'une vitesse de conduction qualifiée de lente, la transmission des signaux présentera une vitesse comprise entre huit et quarante mètres par seconde (Gentaz, 2009). Ce sont des fibres C qui la composent (Mc Glone, 2010, pp. 14 & 150). Leur adaptation est lente (Johnson, 2000), ce qui permettra le maintien de la stimulation lors de l'examen-test. Ces corpuscules de Ruffini sont sensibles au chaud (Bonnet, 2008) (Purves, 2005) (Kiernan, 2008, p. 40).

Remarques importantes :

Les corpuscules de Ruffini seraient aussi présents dans les ligaments et les tendons (Augusto, 1988). Le grand axe du corpuscule de Ruffini est orienté parallèlement aux lignes d'étirement de la peau (*Ibid.*). Ainsi, du fait qu'ils soient liés, ils répondraient aux stimuli qui mettent en tension les fibres de collagène dès lors qu'une pression ou un mouvement de la peau produit un mouvement du tissu sous-cutané (Latash, 2002, p. 52). Ils sont donc sensibles aux étirements de la peau (Johnson, 2000) et contribuent à la sensation du mouvement sur la peau d'objets qui la déforment. Ils participent par conséquent de façon notable à la proprioception des mains et des pieds (Vega, 2009). Des études plus récentes suggèrent que les corpuscules de Ruffini répondraient à des refroidissements du gradient thermique depuis la température cutanée normale à 14,5° C (Nadeau, 2004). Lambertini et Ruffini ont démontré qu'une fibre pouvait se terminer par plusieurs récepteurs différents. On parle alors de *fibre poecilomorphe* (Outrequin, 2007, p. 8).

2.2.2. Les corpuscules de Krause

Corpuscules situés dans l'épiderme voire le derme, ils empruntent aussi la VEL. Ils bénéficient d'une vitesse de conduction lente. Toutefois, il semblerait que celle-ci soit plus rapide que pour le transport de l'information de chaud. Les corpuscules de Krause sont électivement sensibles à la baisse de température. Très répandus sur toute la surface de la peau du corps, ils semblent aussi intervenir, pour certains auteurs, dans les variations de pression appliquée sur la peau. Ils seraient une « aide » au tact grossier (Meissner).



Carte n° 2 Thermorécepteurs : corpuscules de Ruffini, corpuscules de Krause

2.3. Les corpuscules de Meissner

Cette cellule de Meissner (Purves, 2005) se situe dans les crêtes dermiques, juste sous l'épiderme (Schepers, 2010). Elle emprunte la Voie Extra-Lemniscale (VEL) et peut donc bénéficier d'une vitesse de conduction qualifiée de lente car ce sont des fibres $A\gamma$ (Outrequin, 2007) qui la composent. Son adaptation est rapide (Schepers, 2010) et implique que la stimulation ne soit pas maintenue. Ces corpuscules de Meissner informent ponctuellement, pour chaque sollicitation, les aires sensibles. Sensibles aux variations de contact léger, les corpuscules de Meissner répondent aux forces de cisaillement ou de glissement comme le glissement d'un verre sur la peau (Gentaz, 2009, p. 137). Par contre, ils sont insensibles aux déformations statiques de la peau (Vega, 2009). Ils sont quatre fois plus sensibles aux déformations dynamiques de la peau que les complexes de Merkel (Scott, 1992, p. 9). Il faut noter que des fibres afférentes de type $A\alpha$ (Zelena, 1994) (Kierman, 2008) et $A\beta$ (Zelena, 1994) (Augusto, 1988) (Vega, 2009) prendraient naissance à partir des récepteurs de Meissner. D'ailleurs, certains auteurs évoquent le fait d'une possible innervation des corpuscules