



HAL
open science

L'évaluation quantitative sensorielle (quantitative sensory testing, qst) : intérêts et application dans l'investigation des douleurs oro-faciales chroniques

Anthony Mimoun

► **To cite this version:**

Anthony Mimoun. L'évaluation quantitative sensorielle (quantitative sensory testing, qst) : intérêts et application dans l'investigation des douleurs oro-faciales chroniques. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-02352073

HAL Id: dumas-02352073

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02352073>

Submitted on 6 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITE PARIS DIDEROT - PARIS 7

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2017

Thèse N°: 5171

N° attribué par la bibliothèque : 2017PA07G078

THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR

en CHIRURGIE DENTAIRE

présentée et soutenue publiquement le

par MIMOUN Anthony

**L'ÉVALUATION QUANTITATIVE SENSORIELLE
(QUANTITATIVE SENSORY TESTING, QST) : INTERETS ET
APPLICATION DANS L'INVESTIGATION DES DOULEURS
ORO-FACIALES CHRONIQUES**

Directeurs de thèse : Docteur Caroline TROCME et Professeur Yves BOUCHER

JURY

M. le Professeur Yves BOUCHER	Président
M. le Professeur Vianney DESCROIX	Assesseur
M. le Docteur Rufino FELIZARDO	Assesseur
Mme le Professeur Laurence JORDAN	Assesseur
M. le Docteur Jean-Raphaël NEFUSSI	Assesseur
Mme le Docteur Caroline TROCME	Membre Invité

UNIVERSITE PARIS DIDEROT – PARIS 7

Présidente de l'Université :

Mme la Professeure Christine CLERICI

Doyen de l'U.F.R. d'Odontologie :

Mme le Professeur Ariane BERDAL

Directrice Générale des Services :

Madame Pascale SAINT-CYR

JURY

M. le Professeur Yves BOUCHER

Président

M. le Professeur Vianney DESCROIX

Assesseur

M. le Docteur Rufino FELIZARDO

Assesseur

Mme le Professeur Laurence JORDAN

Assesseur

M. le Docteur Jean-Raphaël NEFUSSI

Assesseur

Mme le Docteur Caroline TROCME

Membre Invité

M. le Professeur Yves BOUCHER

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites en assurant la présidence du jury de cette thèse, veuillez trouver ici l'expression de ma plus haute considération. Merci pour votre gentillesse et votre pédagogie. Soyez assuré de ma plus sincère estime et de mon plus profond respect.

M. le Docteur Vianney DESCROIX

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Pharmacie
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites en participant au jury de cette thèse, veuillez trouver ici, l'expression de mes remerciements les plus sincères et ma respectueuse considération.

M. le Docteur Rufino FELIZARDO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites en acceptant de participer au jury de cette thèse, veuillez recevoir l'expression de toute ma gratitude et de mes sincères remerciements.

Mme le Professeur Laurence JORDAN

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de participer au jury de cette thèse et d'être mon juge. Merci pour votre gentillesse et bienveillance, tout au long de notre parcours. Puissiez-vous trouver ici l'expression de mes sincères remerciements.

M. le Docteur Jean-Raphaël NEFUSSI

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Diplôme d'Etat en Odontologie
Maître de Conférences des Universités - Praticien
Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites en acceptant de participer au jury de cette thèse, veuillez recevoir l'expression de toute ma gratitude et de mes sincères remerciements.

Mme le Docteur Caroline TROCME

Docteur en Chirurgie Dentaire

Pour l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de diriger ce travail, ainsi que la bienveillance et la gentillesse avec laquelle vous m'avez guidé et conseillé, pour votre patience, et votre enthousiasme. Je vous en suis profondément reconnaissant. Avec toute ma gratitude, veuillez recevoir l'expression de mes remerciements les plus sincères, ainsi que mon plus profond respect.

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	2
2	HISTORIQUE DE L’EVALUATION SENSORIELLE	5
2.1.	Evaluation de la sensibilité thermique nociceptive et non nociceptive.	5
2.2.	Evaluation de la sensibilité mécanique nociceptive et non nociceptive	7
2.3.	Evolution du concept d’évaluation sensorielle quantitative.....	11
3	PRINCIPE DE L’EVALUATION QUANTITATIVE SENSORIELLE	12
3.1.	Le système somatosensoriel.....	12
3.2.	L’évaluation quantitative sensorielle selon le DFNS.....	14
3.2.1.	Stimuli thermiques	16
3.2.2.	Stimuli mécaniques.....	17
3.2.2.1.	Statique	17
3.2.2.2.	Dynamique	20
3.3.	Evaluation quantitative sensorielle oro-faciale	22
3.3.1.	Spécificité de l’évaluation oro-faciale.....	22
3.3.2.	Prérequis à l’évaluation oro-faciale	22
3.3.3.	Particularités des protocoles d’évaluation sensorielle quantitative oro-faciaux.	23
3.3.4.	Instructions relatives à l’évaluation quantitative sensorielle intra-orale.....	25
3.3.4.1.	Thermique	25
3.3.4.2.	Mécanique	27
3.4.	Analyse des données recueillies	32
3.5.	Interprétation des signes cliniques	35
4	INTERETS ET LIMITES DU QST	38
4.1.	Intérêts.....	38
4.1.1.	Reproductibilité	38
4.1.2.	Données de référence	45
4.1.3.	Détermination de profils sensoriels.	47
4.2.	Limites	50
4.2.1.	Limites conceptuelles	50
4.2.2.	Limites propres au patient.....	52
4.2.3.	Limites propres à l’examineur	53
5	APPORT DU QST A LA THERAPEUTIQUE	54
5.1.	Essais thérapeutiques par l’investigation sélective de paramètres d’évaluation sensorielle	54
5.2.	Prédiction des thérapeutiques selon le profil sensoriel complet du patient.....	62
6	CONCLUSION	72
7	BIBLIOGRAPHIE	74

1 INTRODUCTION

Une revue de littérature comparant la prévalence des douleurs oro-faciales dans différents pays a rapporté des valeurs de 17 à 26% dans la population adulte, dont 7 à 11% de douleurs chroniques (Benoliel et al. 2008).

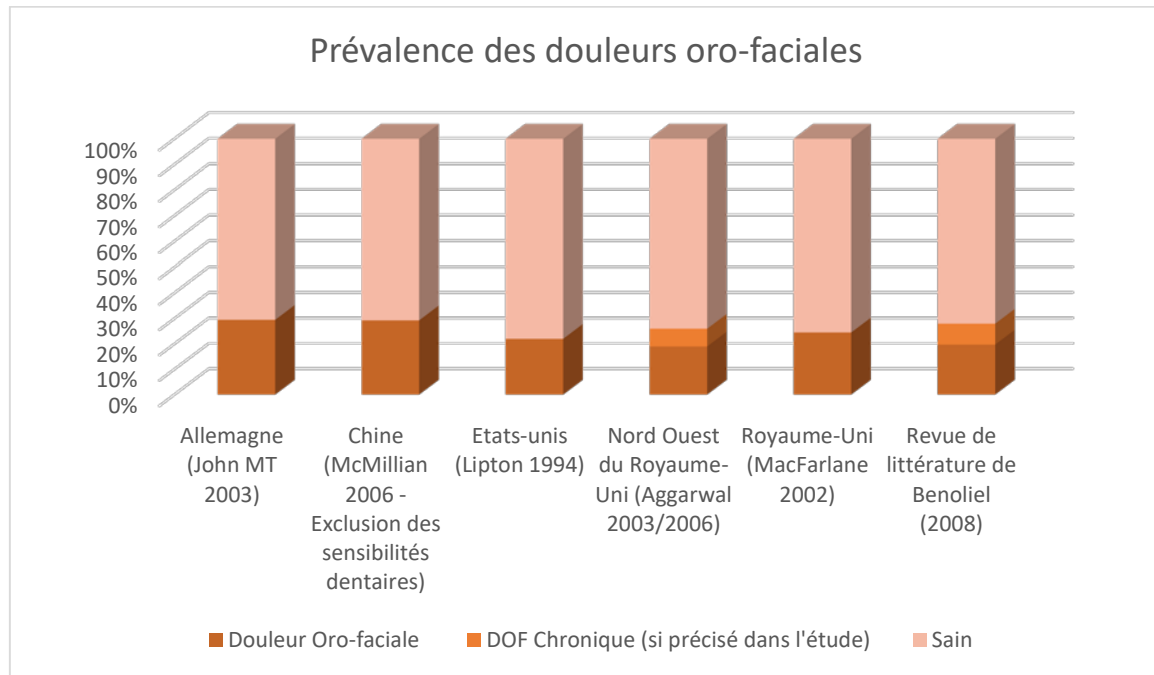


Fig. 1.1. Prévalence des douleurs oro-faciales reportées à travers différents pays (Benoliel et al. 2008).

La douleur, aiguë ou chronique, serait à l'origine de près de deux tiers des consultations médicales, ce qui en fait un problème majeur de santé publique (Hargreaves 2011). Son coût et ses conséquences individuelles et sociales sont à l'origine d'une recherche croissante comme en atteste l'augmentation du nombre d'articles sur le thème des douleurs oro-faciales référencés sur PUBMED (Fig. 1.2.).

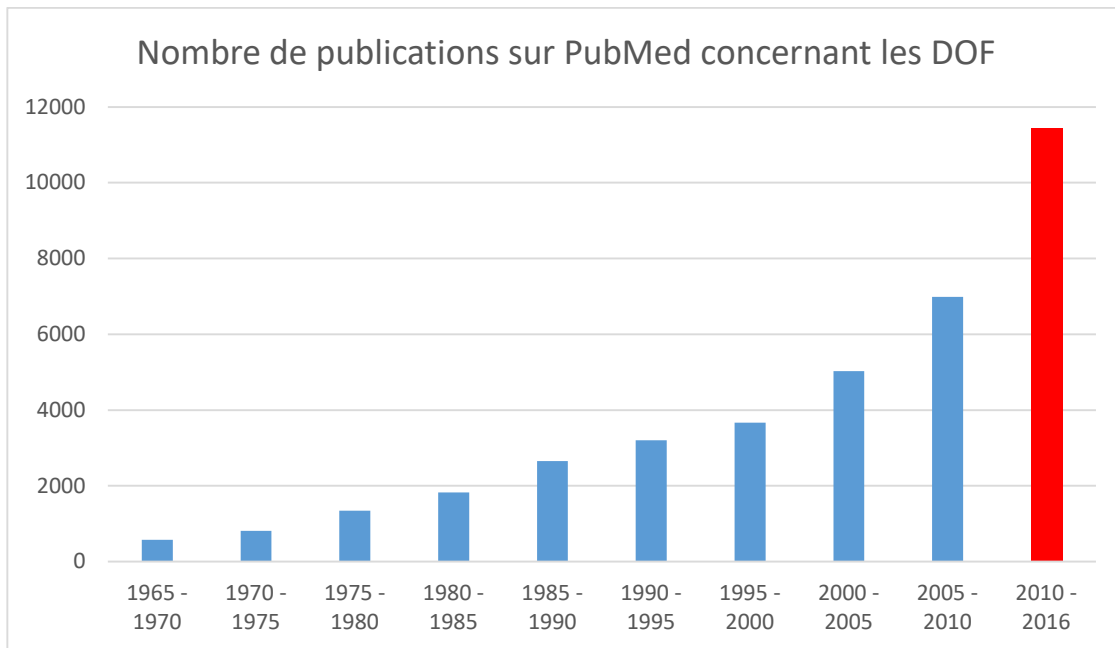


Fig. 1.2. Histogramme représentant l'évolution du nombre de publications traitant des douleurs oro-faciales depuis 1965 sur la base de données PUBMED, identifiées en utilisant les mots clés suivants : « orofacial » ou « trigeminal » ou « temporomandibular » ou « dental » ou « tooth » et « pain » ou « headache » ou « hyperalgesia » ou « allodynia » ou « nociceptor » ou « nociceptive ». Les données recueillies sur PUBMED entre 2010 et 2016 à l'aide des mots clés précédemment cités ont été ajoutées à l'histogramme réalisé par Hargreaves en 2011.

La douleur est définie aujourd'hui par l'IASP (International Association for the Study of Pain) comme une "Expérience sensorielle et émotionnelle désagréable liée à une lésion tissulaire existante ou potentielle ou décrite en termes évoquant une telle lésion" (IASP 1994).

La **Haute autorité de Santé** (2008) la définit comme :

- « Un ensemble d'expériences complexes, non une sensation univoque produite par un stimulus unique. »
- « Ce que la personne atteinte de douleur chronique dit qu'elle est, existant dès lors qu'elle affirme la ressentir. »

L'une des causes majeures des échecs thérapeutiques repose sur la difficulté à établir un diagnostic et à identifier les mécanismes à l'origine des symptômes douloureux (Dallel 2000). Selon la définition actuelle de l'IASP et de l'HAS, la douleur repose avant tout sur le ressenti du patient, ce qui la rend difficile à quantifier et à qualifier. Qu'elle ne soit pas

systématiquement liée à une lésion cliniquement objectivable, complexifie encore plus son étude.

Les classifications actuelles des douleurs, la mauvaise interprétation de l'existence d'un déficit sensoriel, l'absence d'identification des tissus lésés et l'absence d'utilisation de méthodes quantitatives d'évaluation des douleurs explique une partie de ces problèmes. Tous ces éléments peuvent mener le praticien à réaliser un mauvais diagnostic et à pratiquer des actes thérapeutiques injustifiés. Par exemple, les traits sémiologiques retrouvés dans certains cas de douleur neuropathique ne sont pas spécifiques, car ceux-ci peuvent se retrouver dans certains processus inflammatoires, suggérant ainsi l'existence de mécanismes communs.

Il existe plusieurs classifications des douleurs qui peuvent être utilisées par les cliniciens afin d'orienter leur démarche thérapeutique (Boucher et Pionchon 2006). La classification fondée sur les mécanismes est une des plus intéressantes car elle permet de définir des stratégies antalgiques mieux ciblées (Woolf 1998 ; Bennett et Sessle 1990 ; Dallel 2000). Selon cette approche, chaque classe de douleur serait le résultat d'un mécanisme identique, quelle que soit sa localisation, ce qui permettrait de définir des stratégies antalgiques communes. Cependant, cela suppose d'une part la connaissance de tous les mécanismes impliqués dans la sensation douloureuse et d'autre part l'emploi de tests diagnostiques permettant de les identifier, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

Néanmoins l'objectif de nombreux chercheurs est de mettre en place une classification des douleurs basée sur les mécanismes physiopathologiques.

La méthode d'évaluation sensorielle quantitative (QST) a été développée au cours des dernières décennies afin de répondre à cet objectif. Elle est utilisée en complément des techniques classiques, lors d'examen neurologiques ou en recherche clinique. Elle permet l'évaluation de modalités sensorielles par la mesure des seuils de perception, et l'évaluation des fonctions stimuli-réponse (comme l'allodynie par exemple) (Price et al. 1989). Cette évaluation repose sur l'interprétation de résultats obtenus après application de stimuli calibrés et reproductibles (Rolke et al. 2006).

Le but de cette thèse est de présenter cette méthode en plein essor et de discuter ses applications dans le domaine de la douleur orofaciale chronique.

2 HISTORIQUE DE L'ÉVALUATION SENSORIELLE

2.1 Évaluation de la sensibilité thermique nociceptive et non nociceptive.

A la fin du XIX^e siècle, un médecin neurologue allemand, Alfred Goldscheider, évalue pour la première fois la sensation douloureuse induite par des stimuli thermiques. Ses expérimentations se font chez des sujets sains. Des tiges de cuivre et d'aluminium sont réchauffées ou refroidies par immersion dans de l'eau puis appliquées sur certaines zones corporelles. Par ce procédé, Goldscheider aboutit à une description méticuleuse de la sensibilité thermique de certains territoires anatomiques (Goldscheider A. 1886 ; Hardy et al. 1940 ; Svensson et al. 2011). Des expériences similaires sont menées en parallèle aux États-Unis par le neurophysiologiste Henri Donaldson (Donaldson 1885 ; Norsell et al. 1998). Ce dernier élabore sa propre cartographie corporelle de la sensibilité thermique et obtient des résultats sensiblement identiques à ceux de Goldscheider.

Ces études psychophysiques ont fourni un premier aperçu des variations topographiques suivant l'application de stimuli thermiques. La technique utilisée est simple mais reste néanmoins qualitative et manque de spécificité. La température ne peut être aisément contrôlée, ainsi que la pression inhérente à l'application des tiges conductrices sur les tissus. Les fibres mécano et thermosensibles sont alors activées de façon concomitante. Malgré ses limites, ce procédé reste appliqué par certains auteurs (Green 1984 ; Thygesen et al. 2007 ; Svensson et al. 2011).

C'est en 1940 qu'apparaît la première technique d'évaluation quantitative sensorielle thermique. Hardy et ses associés, médecins pathologistes New Yorkais, démontrent que les rayonnements de chaleur peuvent être appliqués de façon quantitative. À l'aide d'une lentille, la lumière d'une lampe de 100 watts est concentrée sur le front de sujets témoins. L'intensité de la radiation émise, est paramétrée à l'aide d'une résistance électrique réglable (rhéostat) présente sur la lampe (Hardy et al. 1940).

Quelques années plus tard, les évaluations sensorielles thermiques ne sont plus seulement réalisées chez des sujets sains mais s'étendent également aux sujets présentant un déficit ou une altération sensorielle. En 1976, Ulf Lindblom et Heinrich Fruhstorfer évaluent les dysfonctionnements sensoriels thermiques présents chez des sujets atteints de douleur neuropathique. Ils introduisent dans ce but le stimulateur de Marstock (*Fig.2.1*). Son fonctionnement repose sur l'effet Peltier : à partir d'une température de base de 30°C assurée

par un courant hydrique central, la température peut augmenter ou diminuer de 1°C/s selon le sens de conduction du courant électrique. En cas de détection de chaleur par le patient, celui-ci appuie sur un bouton afin d'inverser le sens du courant électrique et permettre une diminution de la température du dispositif et ainsi de suite. La température délivrée par le dispositif est enregistrée à l'aide d'un thermocouple et d'un stylo enregistreur (Fruhstorfer et al. 1976).

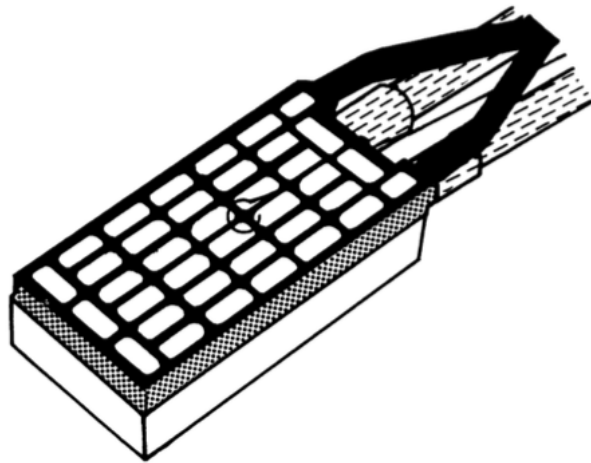


Fig. 2.1. Schéma du *stimulateur Marstock* utilisé par Fruhstorfer et Lindblom en 1976., ayant une surface de 25x50mm (Fruhstorfer 1976).

Les années 1980 et 1990 s'accompagnent d'une meilleure compréhension des facteurs influençant l'évaluation sensorielle thermique. Celle-ci est fonction de : la taille du dispositif utilisé (Kojo et Petovaara 1987 ; Yarnitsky et Pud 1997), de la vitesse d'augmentation ou de diminution de la température (Swerup et Nilsson 1987) et du temps de réaction du sujet (Yarnitsky et Ochoa 1990). Hansson démontre également que l'alternance chaud/froid induit une perturbation sensorielle du sujet, due à une mauvaise discrimination des différents stimuli appliquées à courts intervalles de temps. Cela serait causé par la convergence de fibres périphériques responsables de modalités sensorielles différentes (Hansson et al. 1988). La solution apparaît en 1987, par les suédois Swerup et Nilsson qui utilisent la « méthode des limites » définie en 1976 (Fruhstorfer et Lindblom 1976, voir partie III) : l'application de températures croissantes ou décroissantes en partant d'une température avoisinant 30°C permettrait une meilleure discrimination des stimuli.

A la fin du XXe siècle, une multitude de simulateurs thermiques sont développés, utilisant l'effet Peltier (Verdugo et Ochoa 1992). A titre d'exemple, un dispositif nommé *Thermal sensory analyzer II* de Medoc, a été développée au début des années 1990. A ce dispositif peuvent être reliées des sondes permettant l'évaluation sensorielle thermique. Néanmoins la taille des premières sondes rend l'exploration de certaines zones anatomiques compliquées voire impossible. De nouvelles thermodes de plus petite taille ont alors été introduites ces dernières années et permettent désormais l'exploration de la cavité orale (Svensson et al. 2011 – Voir partie VI).

2.2 Evaluation de la sensibilité mécanique nociceptive et non nociceptive

- **Stimulation tactile**

Les premières standardisations des simulations tactiles remontent à 1898 avec l'utilisation de faisceaux de cheveux humains ou de crin de cheval appliqués par contact sur différentes régions corporelles par l'allemand Maximilian Von Frey (*Fig. 2.2.*) (Von Frey 1898 ; Von Frey 1923 ; Mucke et al. 2015). Ces faisceaux présentent différentes longueurs et différentes rigidités et permettent ainsi une évaluation quantitative de la sensibilité mécanique statique (Fruhstorfer et al. 2001).

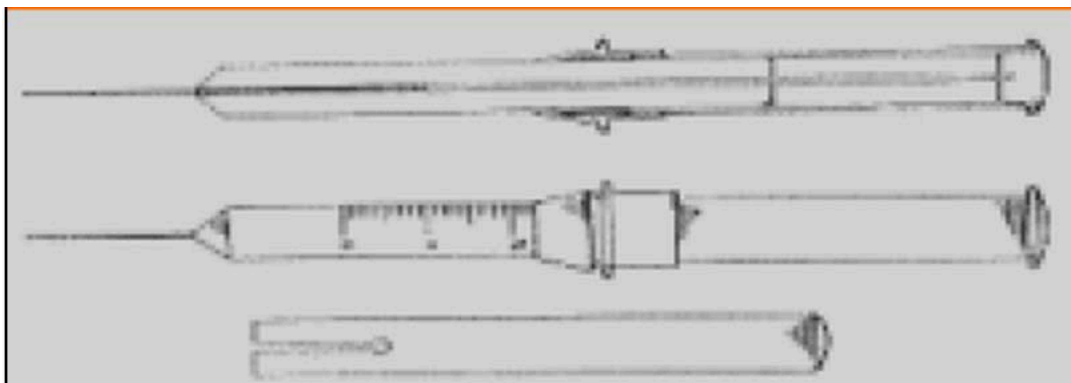


Fig. 2.2. Représentation des premiers faisceaux placés au sein d'un tube par Von Frey. L'intensité de la pression appliquée est calculée en observant le degré de courbure du faisceau utilisé (Freeman et Okun 2002).

Depuis les années 1960, le nylon a remplacé le crin de cheval avec l'apparition des monofilaments de Semmes-Weinstein, nommés ainsi en référence à leurs inventeurs. Ceux-ci présentent différentes longueurs, différents diamètres et différentes rigidités, permettant l'application de forces prédictibles. (Semmes 1960 ; Bell-Krotoski et Tomancik 1987).

La première étude ayant reporté l'application répétée de forces constantes avec des monofilaments Semmes-Weinstein en nylon est réalisée par Krotoski et Tomancik en 1987. Leur étude a mis en évidence une reproductibilité intra-observateur et inter-observateur avec les monofilaments supérieure à celle obtenue avec les instruments manuels, jugés peu fiables (Krotoski et Tomancik 1987).

En 1997, Valk et al. ont mis en évidence une bonne reproductibilité intra-observateur par l'application de monofilaments de Semmes-Weinstein de différents diamètres permettant l'applications de forces de de 10mN, 100mN et 735 mN chez 68 patients atteints de polyneuropathie diabétique (Valk et al. 1997). Des fibres de verre peuvent également être utilisées selon les mêmes principes. Contrairement au nylon, celles-ci ont l'avantage de ne pas voir leur rigidité affectée dans le temps par la température et l'humidité (Fruhstorfer et al. 2001).

- **Vibration**

La première description remonte à 1885 par Treitel avec l'utilisation d'un diapason vibrant à 128 vibrations par seconde. Treitel déduit de ces tests que les simulations vibratoires engendrent des sensations différentes des simulations tactiles. En effet, l'effet des vibrations se concentre essentiellement sur les tissus mous (Gordon 1936). D'autres études concernant la sensibilité à l'application de vibrations ont été réalisées en 1897 par Treitel et 1928 par Pearson : leur but était d'évaluer le temps nécessaire à la disparition de la sensation de vibration suite à l'application d'un diapason chez des sujets témoins.

Les évaluations quantitatives font leur apparition avec le développement de dispositifs électromagnétiques à la fin des années 1920. Elles permettent de quantifier la vibration et la détermination précise du seuil de détection vibratoire des sujets (Knudsen 1928 ; Verrillo 1966).

En 1979, Golberg et Lindblom présentent une nouvelle technique d'évaluation sensorielle quantitative, en utilisant une sonde vibratoire appliquée à une fréquence constante de 100Hz. Les mesures ont été enregistrées sur 3 sites (os carpien, tibial et tarsien) chez des sujets atteints de polyneuropathie. De façon générale, une diminution de la sensation vibratoire peut être observée chez ces patients (Goldberg et Lindblom 1979).

- **Evaluation de l'allodynie statique (Pression)**

L'un des tout premiers algomètres de pression est développé en 1911 par deux neurologues anglais, Head et Holmes (Fig. 2.3.), afin de quantifier le déficit sensoriel des patients présentant des lésions cérébrales (Yarnitsky et Pud 1997).



Fig. 2.3. Algomètre de pression utilisé par Head et Holmes (1911) pour l'étude de patients atteints de déficiences sensorielles faisant suite à des lésions corticales.

De nombreux algomètres de pression sont ensuite développés durant le XX^e siècle (Keele 1954 ; Fischer 1987). Ils ont l'inconvénient de rester semi-objectifs et ne permettent pas de quantifier précisément la pression appliquée. En 1986, Jensen et ses associés développent le premier algomètre de pression relié à un amplificateur (Fig. 2.4.). Il assure le contrôle du niveau d'intensité de la pression appliquée et permet donc une évaluation quantitative (Jensen et al. 1986).

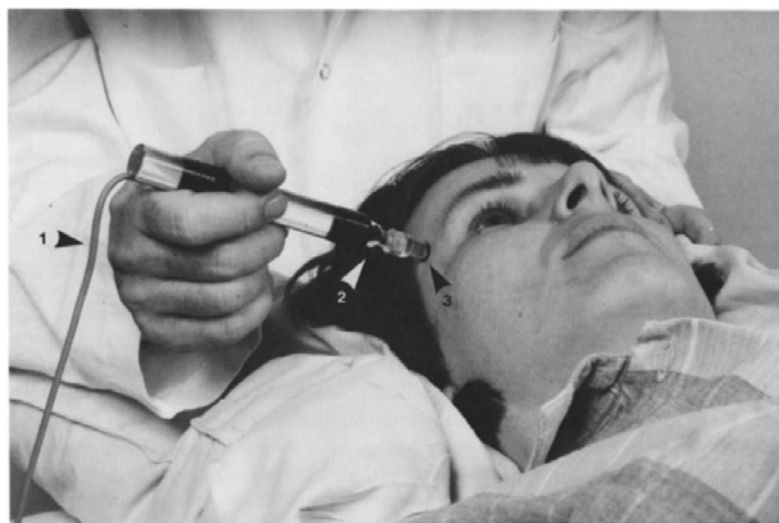


Fig. 2.4. Algomètre de pression utilisé au niveau de la région temporale chez des sujets volontaires sains par Jensen et ses associés en 1986.

Jensen et al. et Kosek et al. établissent que le seuil de douleur à la pression dépend de la taille de la sonde utilisée et que cette procédure reflète la sensibilité à la pression des tissus profonds. Ces mêmes auteurs rapportent une bonne reproductibilité à court terme (trois semaines d'intervalle chez Jensen et une semaine chez Kosek) (Jensen et al. 1986 ; Kosek et al. 1999). Ultérieurement, l'intérêt pour l'évaluation de l'allodynie statique a progressivement diminué au profit de l'allodynie dynamique (Hansson 2006), du fait de sa prévalence dans les douleurs neuropathiques.

- **Evaluation de l'allodynie dynamique**

La première technique d'évaluation sensorielle quantitative de l'allodynie dynamique, avec contrôle de l'intensité du stimuli délivré, est développée par Samuelsson en 2005 (Samuelsson 2005). A l'aide d'une brosse reliée à un système d'analyse informatisé, couplé à un dispositif d'échelle analogique visuel également informatisé, le stimulus peut être contrôlé manuellement avec une rétroaction visuelle, et l'intensité et la durée de la douleur peuvent être enregistrées en continu. En utilisant ce procédé sur des patients atteints de douleur neuropathique périphérique, Samuelsson et ses associés démontrent une bonne reproductibilité intra-observateur des résultats obtenus à court et long terme (Samuelsson et al. 2007).

Bien que cette méthode s'avère prometteuse, les techniques d'évaluation de l'allodynie dynamique recommandées aujourd'hui par le DFNS (réseau Allemand de Recherche concernant les Douleurs Neuropathiques) font encore appel à d'autres instruments, tels que des coton-tiges ou des pinceaux, utilisés manuellement de façon non contrôlée (Rolke et al. 2006) (*cf partie III*).

2.3 Evolution du concept d'évaluation sensorielle quantitative

Peter Dyck et son groupe de recherche furent parmi les premiers à introduire des systèmes automatisés, permettant une évaluation sensorielle quantitative et reproductible de la température, du toucher, de la vibration et de la pression. L'objectif de cette étude était de détecter et quantifier les altérations neurologiques chez des sujets à risque, ainsi que l'effet thérapeutiques sur ces altérations (Dyck et al. 1978).

Bien que de nombreuses méthodes sophistiquées d'évaluation sensorielle soient disponibles à la fin des années 1990, plusieurs inconvénients majeurs persistaient (Bennett et Borsook 1997 ; Rolke et al. 2006) :

- Aucune procédure standardisée d'évaluation sensorielle quantitative n'était disponible, limitant la comparaison des résultats scientifiques obtenus.
- La réalisation de multiples tests était longue et peu compatible avec la pratique clinique quotidienne.

D'après Svensson (Svensson et al. 2004), l'examen idéal consiste en une analyse complète de toutes les fonctions sensorielles présentant un intérêt clinique. Les différents tests doivent être aisément compréhensibles par le patient. Ils doivent être exécutés au niveau de la zone douloureuse (zone testée) et de la zone contrôle (zone non affectée, de référence), de façon standardisée, précise, et reproductible avec des instruments spécialement conçus, et dans un laps de temps raisonnable.

Dans le but de réaliser une évaluation complète de la fonction somatosensorielle, un panel d'experts du DFNS a édicté en 2006 un protocole d'évaluation quantitative sensorielle standardisé, avec mesure de 13 paramètres, permettant la détection d'anomalies sensorielles chez les sujets évalués (Rolke et al. 2006). Ce protocole définit pour chaque paramètre le standard d'évaluation afin de permettre une comparaison aisée entre les résultats obtenus chez un même patient au cours du temps, ou entre différents sujets d'une étude à l'autre.

3 PRINCIPE DE L'ÉVALUATION QUANTITATIVE SENSORIELLE

3.1 Le système somatosensoriel

Au sein du système nerveux se trouvent différents systèmes sensoriels codant les informations en provenance du milieu extérieur. Le système somatosensoriel code les sensations perçues telles que les variations de température ou les stimuli mécaniques, provenant de différentes régions du corps (peau, muqueuses, viscères, organes locomoteurs). Ce système est composé de récepteurs, de fibres nerveuses, de voies nerveuses et de structures au niveau du cerveau, permettant de traiter ces informations.

Les fibres nerveuses somatosensorielles périphériques sont des fibres A β , A δ et C selon la classification d'Erlanger et Gasser (Erlanger et Gasser 1930) (Fig 3.1).

Type de fibre	Myélinisation	Diamètre	Vitesse de conduction	Modalité sensorielle
Fibres A α	Myélinisées	Grand (6-20 μ m)	Grande (80-120m/s)	Tact, proprioception
Fibres A β	Myélinisées	Grand (6-12 μ m)	Grande (35-75m/s)	Tact, proprioception
Fibres A δ	Faiblement myélinisées	moyen (1-5 μ m)	Moyenne (5-30m/s)	Douleur, sensibilité thermique (froid)
Fibres C	Amyéliniques	Petit (0,5-1,5 μ m)	Faible (0,5-2m/s)	Douleur (chimique, thermique, mécanique), sensibilité thermique (chaud) Tact plaisant

Fig 3.1. Classification des fibres nerveuses sensorielles périphériques selon Erlanger et Gasser.

Cliniquement, l'évaluation de ce système passe par la réalisation de tests mettant en jeu différents types de stimuli, à la fois thermiques et mécaniques, afin de cibler la voie sensorielle affectée (Rolke et al. 2006 –Hansson et al. 2007 – Mucke et al. 2015).

Type de stimuli	Voie sensorielle périphérique	QST
Thermique		
Froid	A δ	Thermode contrôlée par ordinateur
Chaud	C	
Douleur au chaud	C, A δ	
Douleur au froid	C, A δ	
Mécanique		
Contact statique léger	A β	Filaments Von Frey
Vibration	A β	Diapason de Rydel-Seiffer
Brossage	A β	Coton tige / Q-tip / Pinceau
Aiguille (Pinprick)	A δ , C	Aiguilles à pointe émoussée calibrées
Pression	A δ , C	Algomètre de pression

Fig 3.2. Résumé des voies sensorielles explorées lors de l'évaluation quantitative sensorielle
(Hansson et al. 2007 – modifié).

Ces dernières années, plusieurs études en neuroimagerie et neurophysiologie ont montré que les stimuli nociceptifs suscitent des réponses au niveau d'un vaste réseau cortical appelé « matrice de la douleur » (« *Pain matrix* »). Cette matrice comprenant les zones somatosensorielles, insulaire, cingulaire, frontale et pariétale, est stimulée en cas de douleur et l'intensité et la perception d'un stimulus nociceptif peuvent y être appréciées (Legrain et al. 2011 ; Craig et al. 2013).

3.2 L'évaluation quantitative sensorielle selon le DFNS

Selon le DFNS, (Rolke et al. 2006) la procédure standardisée du QST se base sur une définition précise des propriétés des stimuli (modalité, intensité, composante spatiale, composante temporelle), et l'analyse de la perception des sensations évoquées par le sujet (Hansson et al. 2007).

Elle comprend 7 tests évaluant 13 paramètres couvrant l'intégralité des fonctions nerveuses (Rolke et al. 2006 ; Pigg et al. 2010). Le profil somatosensoriel complet d'un patient peut être obtenu en moins d'une heure, en testant bilatéralement la zone affectée et son homologue si cette dernière zone n'est pas affectée, ou en comparant les résultats de la zone affectée avec des valeurs référence déterminées par des études antérieures (Magerl et al. 2010).

Le protocole évalue les paramètres suivants :

Les seuils thermiques :

1. Le seuil de détection du froid (**CDT** – Cold detection threshold)
2. Le seuil de détection de chaleur (**WDT** – Warm detection threshold)
3. Le seuil de douleur au froid (**CPT** – Cold pain threshold)
4. Le seuil de douleur au chaud (**HPT** – Heat pain threshold)
5. Le seuil sensoriel thermique (**TSL** – Thermal sensory limen)

Les seuils mécaniques :

6. Le seuil de détection mécanique (**MDT** – Mechanical detection threshold)
7. Le seuil de détection de vibration (**VDT** – Vibration detection threshold)
8. Le seuil de douleur mécanique (**MPT** – Mechanical pain threshold)
9. Le seuil de douleur à la pression (**PPT** – Pressure pain threshold)
10. La sensibilité douloureuse mécanique (**MPS** – Mechanical pain sensitivity)

Les fonctions « stimuli-réponse » :

11. L'allodynie mécanique dynamique (**DMA** – Dynamic mechanical allodynia)
12. Le Wind up Ratio (**WUR**) : évaluation de la sommation temporelle de la douleur.

Au niveau des neurones de second ordre de la moelle épinière et du complexe sensitif trigéminal, le Wind-up est un phénomène de sommation temporelle qui mène à une

amplification du message nerveux par addition de potentiels d'action lorsque les fibres A δ ou C sont stimulées plus d'une fois dans une période de 3 secondes (Mucke et al. 2015).

13. La sensation paradoxale de chaleur (**PHS** – Paradoxical heat sensations), appréciée durant le test du seuil sensoriel thermique (TSL)

La présence de sensation paradoxale de chaleur suite à une stimulation au froid suggère différentes hypothèses :

- soit cette sensation est transmise via les fibres A δ (assurant la sensibilité spécifique au froid). Dans ce cas, la sensation de chaleur serait la conséquence d'une modulation du message nerveux au niveau central ;
- soit cette sensation est transmise via les fibres C (assurant normalement la sensibilité spécifique au chaud), en cas d'altération de la fonction des fibres A δ en périphérie (Susser et al. 1999).

Lors de l'évaluation de ces différentes fonctions, deux méthodes peuvent être mises en œuvre par les cliniciens (Yarnitsky et Pud 1997) :

- La « **méthode des limites** » : dans cette méthode, l'intensité d'un stimulus appliqué sur la surface à tester est augmenté (ou diminué) jusqu'à ce que le sujet perçoive le stimuli, ou ressente une douleur. Les seuils sont ensuite calculés comme les moyennes des valeurs obtenues durant les séries de stimuli (3 à 5 en général). Cette méthode dépend du temps de réaction du sujet, et est dépendante de ses capacités motrices, et de son attention (Fruhstorfer et Lindblom 1976).
- La « **méthode des niveaux** » : dans cette méthode, une série de stimuli prédéfinis en termes de modalité et d'intensité sont appliqués sur la surface testée. Pour chaque stimulus, le sujet doit reporter si le stimuli est perçu ou non, et s'il est douloureux ou non. Lors de l'application d'un stimuli, l'intensité du stimulus suivant est augmentée ou diminuée en se basant sur la réponse du sujet au stimuli précédent. Un avantage de cette méthode est qu'elle ne dépend pas du temps de réaction du sujet. Cependant, celle-ci est moins utilisée car elle demande plus de temps que la méthode des limites (Yarnitsky et Sprecher 1994).

3.2.1. Stimuli thermiques

L'évaluation sensorielle thermique examine la fonctionnalité des fibres A δ et C. Cela peut être réalisé avec différents dispositifs d'évaluation thermique. Par la « méthode des limites », les seuils de détection au chaud et au froid (**WDT et CDT**) sont déterminés, suivis par l'évaluation des sensations paradoxales de chaleur (**PHS**) par la « méthode des niveaux », et enfin les seuils de douleur au chaud et au froid (**HPT et CPT**) par la « méthode des limites » (Rolke et al. 2006 ; Mucke et al. 2015).

La plupart des tests sont scientifiquement conduits en utilisant un *Thermal Sensory Analyzer II (TSA 2001-II Thermal sensory analyzer, Medoc Ltd., Israel)* ou un *MSA Thermal stimulator (SOMEDIC AB, Suède)*, dispositifs reliés à des sondes thermiques (Mucke et al. 2015). La surface de contact des thermodes est de 9cm² pour le *TSAILI* et de 12,5cm² pour le *MSA* (Mucke et al. 2015). Leur différence de taille donnerait au plus une variation de 0,5°C dans la mesure des seuils, ce qui n'affecte pas significativement les résultats obtenus (Rolke et al. 2005). La température de base est de 32°C (Hagander et al. 2000b) et la température de la thermode augmente ou diminue de 1°C/s lors de l'évaluation. Ces dispositifs sont programmés afin de ne pas avoir de valeurs inférieures à 0°C (pour le TSA) / 5°C (pour le MSA) ou supérieures à 50°C, afin d'éviter une lésion tissulaire. En fin d'évaluation, la température se reprogramme automatiquement à 32°C pour d'éviter toute irritation des tissus testés (Mucke et al. 2015).

Afin de déterminer un seuil, chaque évaluation est répétée 3 fois et une moyenne des trois évaluations est retenue (Mucke et al. 2015). Durant l'évaluation, les sujets ne peuvent observer l'écran d'ordinateur afin de ne pas biaiser la procédure.

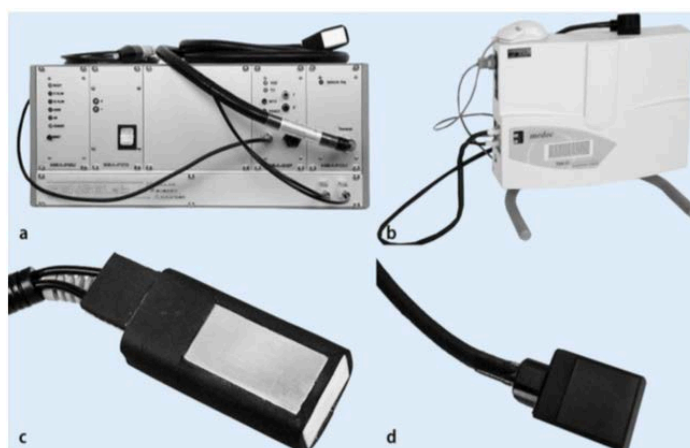


Fig. 3.3. Evaluation thermique : (a) Dispositif MSA (b) Dispositif TSAII (c) Thermodes conçues avec un dispositif de Peltier traversées par un courant hydrique afin de refroidir ou réchauffer la surface testée. Ces thermodes sont reliées à un ordinateur pour enregistrer les seuils (Mucke et al. 2015).

3.2.2. Stimuli mécaniques

3.2.2.1. Statique

Le seuil de détection mécanique (**MDT**) est évalué en utilisant, un jeu de filaments *Von Frey* modifiés (*Optihair2-set, Marstock nerve test, Allemagne*) (Rolke et al. 2006).

Ce jeu de filaments en fibre de verre, présente différents diamètres et longueurs avec une surface de contact sphérique d'environ 0,5mm. Le set d'instruments est composé de 12 monofilaments avec des forces de 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 et 512 mN. Le temps de contact avec la surface testée doit être d'environ 2 secondes.

La surface de contact des filaments Von Frey étant arrondie, les mécanorécepteurs à bas seuil sont préférentiellement activés, ce qui transmet l'information via les fibres A β (Mucke et al. 2015).

Cinq séries de mesure des seuils doivent être réalisées selon la « méthode des niveaux ». En calculant la moyenne de ces cinq séries, une valeur de seuil est déterminée (Rolke et al. 2016).



Fig 3.4. Filament de Von Frey modifié.



Fig 3.5. Jeu de Filaments Von Frey modifiés.

L'évaluation du seuil de douleur mécanique (**MPT**), comprend un jeu de 7 dispositifs de stimulation « en aiguille » (*Pinprick, MRC Systems Gmb, Allemagne*).

Ces dispositifs à pointe émoussée délivrent une intensité de 8, 16, 32, 64, 128, 256 et 512 mN. La surface de contact avec la surface testée présente un diamètre de 0,25mm. La forme des aiguilles est toujours la même cependant leur poids diffère, ce qui explique les différentes intensités appliquées.

Lors de la détermination des seuils de douleur mécanique, le stimulus est appliqué perpendiculairement à la peau avec 5 séries de stimuli, avec un temps de contact d'environ 1 à 2 secondes. En se basant sur la « méthode des niveaux », le seuil enregistré est la moyenne des résultats obtenus de 5 séries de stimuli.



Fig 3.6. Aiguille à pointe émoussée (« Pinprick »).

Stimuli	Force appliquée (mN)	Type d'application
Filaments Von Frey	0,25 – 512	Punctiforme
Aiguille à pointe émoussée	8-512 mN	Punctiforme

Fig 3.7. Moyens d'application des stimuli mécaniques statiques (Mucke et al. 2015).

La réalisation du test vibratoire (**VDT**) sert à évaluer la fonction des fibres A β . Afin de déterminer les seuils de détection vibratoire, l'utilisation d'un diapason de Rydel –Seiffer à une fréquence de 64Hz, d'échelle d'intensité 8/8 est recommandé.

Durant le test, le diapason en vibration est placé sur la zone à tester, si possible sur une éminence osseuse. Le sujet indique lorsqu'il ne ressent plus de vibration, tandis que l'évaluateur observe la valeur de l'intensité du stimulus indiquée sur le curseur du diapason. La moyenne de 3 mesures permet de calculer le seuil de détection vibratoire.



Fig 3.8. Fourchette de Rydel-Seiffer.

La détermination du seuil de douleur à la pression (**PPT**) est réalisée en utilisant un algomètre de pression (*SOMEDIC, Suède*).

La réalisation du test **PPT** sert à évaluer la fonction des fibres $A\delta$ et C au niveau des tissus profonds.

L'algomètre de pression présente une surface de contact d'environ 1cm^2 par laquelle une pression allant de 0 à 2000kPa peut être appliquée. La pression appliquée augmente de 50kPa/s ($0,5\text{kg}/\text{cm}^2$). Le seuil de douleur à la pression est enregistré en kPa.



Fig 3.9. Algomètre de pression (SOMEDIC).

Concernant le Wind up Ratio (**WUR**), test évaluant la sommation temporelle douloureuse, une répétition de 10 stimuli au « PinPrick » (utilisés pour le test MPT) de force constante sont réalisés à intervalles de 1 seconde (évalué avec un *métronome digital MA-30 de KORGE®*, Tokyo, Japon).

Le premier instrument choisi pour définir l'instrument entraînant une réaction légèrement douloureuse chez les sujets est celui exerçant une force de 128mN :

- si la réponse au stimuli est nulle, l'instrument suivant est utilisé ;
- si la réponse au stimuli est décrite comme intolérable, l'instrument précédent est utilisé ;
- si le sujet ressent suite à un stimuli une réponse >0 et non intolérable, le stimulateur concerné est utilisé ;
- si le sujet ne perçoit pas le stimuli de 512mN comme douloureux, le test est abandonné.

Cinq stimuli uniques sont réalisés, ainsi que 5 séries de 10 stimuli répétés. La moyenne des valeurs des 5 séries de 10 répétitions est divisée par la moyenne des valeurs obtenues suite aux 5 stimuli uniques afin de donner un score de Wind up ratio (WUR) représentant la sommation temporelle de la douleur propre au site examiné chez le sujet.

3.2.2.2. Dynamique

Le phénomène d'allodynie dynamique mécanique est absent chez les sujets sains. En effet, chez les sujets sains, toute stimulation par contact léger sur une zone non lésée ne provoque, en temps normal, aucune douleur. La réalisation du test d'allodynie dynamique (**DMA**) sert à évaluer la fonction des fibres A β .

Les douleurs ressenties à l'effleurement sur une zone non lésée, sont considérées comme un signe de **dysfonction du système nerveux central**.

Trois stimulateurs tactiles sont utilisés pour déterminer une allodynie :

- une mèche de coton exerçant une force d'environ 3mN ;
- un coton tige (Q-tip), attaché à un dispositif flexible exerçant une force d'environ 100mN ;
- un pinceau exerçant une force d'environ 300mN.

Ces stimuli sont appliqués de sur une longueur d'1 à 2 cm de peau/muqueuse.

Stimuli	Force appliquée (mN)	Type d'application
Mèche de coton	2-4	Contact léger
Q-tip avec support plastique	100	Contact léger
Pinceau	200-400	Contact léger

Fig 3.10. Moyens d'application des stimuli mécaniques dynamiques (Mucke et al. 2015).



Fig 3.11. Dispositifs d'évaluation mécanique des fonctions stimuli/réponse, de la sensibilité mécanique et de l'allodynie dynamique (Mucke et al. 2015).

La réalisation du test d'évaluation de la sensibilité à l'application de stimuli mécaniques (**MPS**) sert à évaluer la fonction des fibres $A\delta$ et C.

Des séries de 10 mesures sont réalisées 5 fois, chaque fois avec chacun des 10 stimulateurs (Les 7 stimulateurs PinPrick pour le **MPS** et les 3 stimulateurs cités ci-dessus pour le **DMA**), appliqués dans un ordre aléatoire (Rolke et al. 2006).

Pour chacun des 50 stimuli, le sujet doit évaluer sur une échelle numérique la douleur entre 0 (pas de douleur) et 100 (douleur la plus intense imaginable).

La valeur obtenue pour le test **DMA** correspond à la moyenne numérique des 3 résultats suite aux stimuli tactiles.

La valeur obtenue pour le test **MPS** correspond à la moyenne numérique des 7 résultats suite aux stimuli mécaniques.

3.3. Evaluation quantitative sensorielle oro-faciale

3.3.1. Spécificité de l'évaluation oro-faciale

Pour la plupart des paramètres d'évaluation quantitative sensorielle, des différences significatives peuvent être relevées selon la zone corporelle considérée. La raison principale de ces variations est due à l'innervation tissulaire, différente d'un tissu à l'autre (Mucke et al. 2015).

D'après le DFNS, pour l'ensemble des paramètres du QST, la sensibilité est de façon générale plus importante pour le visage que pour le pied ou la main chez les différents sujets (Rolke et al. 2006). Cela peut s'expliquer par l'importante innervation de la face chez l'être humain qui comprend de nombreux types de récepteurs et en densité plus grande que pour le reste du corps (Jacobs et al. 2002).

3.3.2. Prérequis à l'évaluation oro-faciale

Un groupe de travail international (le *Special Interest Group of Oro-Facial Pain (SIG-OFP)*) a édicté un ensemble de recommandations pour l'évaluation des fonctions somatosensorielles oro-faciales (Svensson et al. 2011).

Certaines précautions doivent être prises pour assurer une stimulation reproductible :

- La lèvre doit être rétractée afin que l'instrument utilisé soit correctement et confortablement placé sur le site évalué. De plus, l'évaluateur doit s'assurer dans la mesure du possible que l'instrument ne touche pas les lèvres du sujet, car cela pourrait altérer ses sensations perçues, et donc ses réponses aux tests (Drangsholt). Le site testé doit être maintenu aussi sec que possible avant d'appliquer une thermode, un monofilament, une aiguille ou un algomètre de pression. Pour cela, le site est séché à l'aide de rouleaux de coton ou de compresses de 5x5 cm. L'excès de salive peut entraîner un glissement ou un déplacement du monofilament de Von Frey utilisé, ou un glissement de la sonde utilisée (thermode ou algomètre de pression). Par ailleurs, la salive assurant la conductivité thermique du stimuli appliqué (Green 1984), le site doit être maintenu sec afin de ne pas fausser les résultats.

- Lors de l'évaluation thermique, la thermode utilisée doit être placée à plat sur le tissu testé de façon à maximiser le contact : il est nécessaire de demander au sujet s'il ressent une douleur à cause de la pression appliquée par la thermode. Ceci est indispensable car la douleur thermique évaluée ne doit pas être confondue avec une quelconque douleur causée par l'application de la sonde.

3.3.3. Particularités des protocoles d'évaluation sensorielle quantitative oro-faciaux.

Les protocoles oro-faciaux sont, à quelques différences près, identiques à ceux décrits par le DFNS (Rolke et al. 2006).

- **Evaluation thermique (Tests CDT, WDT, TSL, CPT, HPT et PHS)**

Toute évaluation thermique est réalisée avec le dispositif TSA II (Medoc TSA II Neurosensory Analyzer, Israël). Deux thermodes différentes sont utilisées :

- une thermode extra-orale dont la surface est de 4cm^2 ;
- une thermode intra-orale dont la surface est de $0,81\text{cm}^2$. Cette thermode a été spécialement conçue pour être utilisée en bouche.

Pour l'évaluation des sites extra-oraux, la température de base est de 32°C , tandis que pour l'évaluation des sites intra-oraux, la température de base est de 37°C .

Les températures limites sont de 10°C pour les stimuli froids et de 51°C pour les stimuli chauds.

- **Evaluation mécanique**

Pour l'évaluation mécanique, seuls les tests suivants présentent des différences avec le protocole de QST présenté par le DFNS.

- **Test PPT**

Pour l'évaluation des seuils de douleur à la pression, un algomètre de pression digital (*Bioseb, France*) est utilisé.

Deux sondes différentes sont nécessaires :

- une sonde avec une surface de contact de 1cm^2 est utilisée au niveau extra-oral et au niveau de la langue ;
- une sonde avec une surface de contact de $0,18\text{cm}^2$ est utilisée en intraoral au niveau des sites gingivaux (diamètre de 4,8mm).

▪ Test VDT

Pour l'évaluation des sites faciaux et gingivaux, la fourchette est mise en vibration et appliquée au niveau d'une proéminence osseuse telle que l'arcade zygomatique, ou le maxillaire.

▪ Test DMA

Dans le protocole de QST du DFNS, 3 instruments exerçant des forces pondérées différentes (environ 3mN, 100mN et 200mN) sont utilisées pour évaluer l'allodynie dynamique. Alors qu'un pinceau exerçant une force d'environ 200 mN est utilisé pour évaluer l'allodynie dynamique pour les sites extra-oraux, nous utiliserons, en intra-oral une brosse à dent *Ultrasoft* de chez *INAVA* exerçant une force similaire.

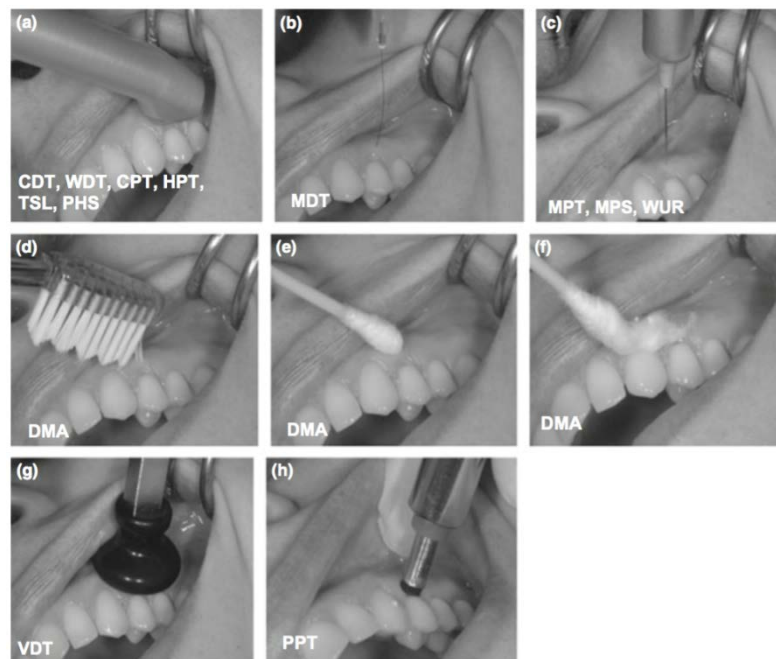


Fig 3.12. Représentation des différents tests d'évaluation quantitative sensorielle appliqués en intra-oral (Svensson et al. 2011)

3.3.4. Instructions relatives à l'évaluation quantitative sensorielle intra-orale.

Les protocoles du QST s'accompagnent d'instructions précises que l'examineur doit délivrer au patient afin que celui-ci puisse comprendre les procédures.

3.3.4.1. Thermique

Instructions initiales :

« Les tests suivants sont des tests thermiques et vont être réalisés sur la peau au niveau de votre main, et par la suite sur vos gencives. Premièrement, nous allons tester votre capacité à détecter un changement de température au « froid » et au « chaud ». Une sonde spéciale qui refroidit ou réchauffe votre peau sera placée sur vos mains et gencives » (spécifier la zone de contrôle et la zone de test). « Ensuite, un autre test thermique sera réalisé afin de déterminer la température pour laquelle vous ressentirez des douleurs au froid ou au chaud. »

Quand l'examineur est sûr que la sonde est à la température de base, il la place sur la peau et la bouche du sujet pendant un moment et dit « Dites-moi s'il vous plaît si cela vous paraît chaud ou froid. » Cette manœuvre est réalisée dans le but d'adapter le patient à la température de base de la sonde.

L'examineur réalise alors un essai sur un site différent de ceux qui doivent être testés. Cet essai peut comprendre l'ensemble des tests thermiques, un stimulus unique pour chaque modalité ou autant de stimuli jugés nécessaires à la compréhension des tests par le patient.

L'examineur s'assure que le sujet ne puisse voir l'écran d'ordinateur durant la procédure, ou, si ce n'est pas possible, donne les instructions suivantes : « Nous allons vous demander de ne pas regarder l'écran d'ordinateur durant la procédure, car cela pourrait influencer vos réponses ».

Instructions supplémentaires :

« Si à un quelconque moment durant les tests vous avez besoin de faire une pause, veuillez lever votre main et nous arrêterons les tests. Veuillez ne pas parler durant la procédure, a moins que nous vous le demandions. Vous aurez le temps de poser toutes les questions nécessaires avant le début de la procédure. »

« Vous remarquerez que je prononcerai des phrases telles que '3 secondes' ou 'retour à la température de base'. Lorsque je dis '3 secondes' cela veut dire que l'examineur et vous avez 3 secondes jusqu'à que les tests commencent. Lorsque je dis 'retour à la température de base',

cela veut dire que la thermode retourne à la température de base, par conséquent ne pressez pas le bouton stop. »

- **Seuil de détection au froid (CDT)**

« Le premier test est le test de détection au froid. Veuillez appuyer sur le bouton stop dès que vous ressentez pour la première fois la sonde « froide ». A ce moment, la température va retourner à la température de base. Ce test va débiter dans quelques secondes et sera répété 3 fois. »

- **Seuil de détection au chaud (WDT)**

« Le prochain test est le test de détection de chaleur. La sonde va se réchauffer et à nouveau, vous appuierez sur le bouton stop dès que vous ressentirez un changement de température « chaud » ou « plus chaud ». A ce moment, la sonde va refroidir et retourner à la température de base. Cette procédure va débiter dans quelques secondes et sera répétée 3 fois. »

- **Evaluation du seuil sensoriel thermique (TSL)**

« Pour le prochain test, nous aimerions que vous appuyiez sur le bouton stop dès que vous ressentez pour la première fois un quelconque changement de température. Celui-ci peut être chaud ou froid. Dès que vous ressentez pour la première fois un changement de température, qu'il soit 'chaud' ou 'froid', veuillez nous prévenir si ce que vous ressentez est 'chaud' ou 'froid'. Dès lors, la température va retourner à son niveau initial et changer de nouveau. »

Instructions pour les sensations paradoxales de chaleur PHS durant la procédure d'évaluation du seuil sensoriel thermique TSL :

Certains sujets vont reporter une sensation de chaud, ou de chaleur douloureuse, lors d'une stimulation au froid. Ceci doit être noté comme une « sensation paradoxale de chaleur ».

Comptez le nombre de fois ou le sujet reporte la mauvaise sensation et notez le nombre (entre 0 et 6) dans l'espace PHS de la feuille de notes (**Annexe x**) Le sujet a tort s'il reporte une sensation « froide » quand la température est en réalité « chaude », ou une sensation « chaude » quand la température est en réalité « froide ».

- **Seuil de douleur au froid (CPT)**

« Le prochain test a pour but d'évaluer votre seuil de douleur au froid. La température de la thermode va diminuer jusqu'au « froid » et une éventuelle composante douloureuse s'ajoutera à votre sensation de « froid » et deviendra en qualité, par exemple, « douloureuse » ou en « sensation de piqûre » ou en « sensation de brûlure ». N'oubliez pas d'appuyer sur le bouton stop seulement lorsque vous ressentez une composante douloureuse en plus de la sensation de froid (ne résistez pas à la douleur). Appuyez sur le bouton stop immédiatement dès la première sensation douloureuse. A ce moment, la sonde va se réchauffer jusqu'à la température de base. Cette procédure va débuter dans quelques secondes et sera répétée 3 fois. »

- **Seuil de douleur au chaud (HPT)**

« Ce test va désormais détecter le seuil de douleur au chaud. La température de la thermode va augmenter jusqu'à atteindre une température « chaude ». Eventuellement, une composante douloureuse s'ajoutera à la sensation de « chaud » et cela deviendra par exemple « douloureux » ou en « sensation de brûlure » ou en « sensation de piqûre ». Veuillez appuyer sur le bouton stop immédiatement à la première sensation de « brûlure » ou de « piqûre ». A ce moment, la thermode va refroidir jusqu'à la température de base. Cette procédure va débuter dans quelques secondes et sera répétée 3 fois. »

Il est important que le sujet comprenne que ces tests ne sont pas des tests de détection ou de tolérance thermique mais bien des tests de détection de douleur thermique.

3.3.4.2. Mécanique

- **Seuil de détection mécanique (MDT)**

Le seuil s'évalue avec un jeu de monofilaments de Von Frey modifiés exerçant des forces comprises entre 0.5 et 4000mN (Fruhstorfer et al. 2001). La zone de contact des monofilaments de Von Frey avec la peau ou la muqueuse orale doit être uniforme (1mm²) et lisse (éviter toute surface tranchante qui faciliterait l'activation de nocicepteurs). Les seuils de détection mécaniques seront mesurés en utilisant la « méthode des limites », avec 5 séries avec stimuli

d'intensité croissante et 5 séries avec stimuli d'intensité décroissante. La moyenne des seuils de détection tactiles sera enregistrée dans la base de données.

Afin d'expliquer la procédure au patient/volontaire sain, il est nécessaire d'utiliser les phrases suivantes :

« Ce test a pour but d'évaluer votre capacité à détecter les contacts. Je vais appliquer ces filaments sur votre peau et par la suite sur vos gencives (spécifier la zone de contrôle et la zone de test). Dites « oui » si vous ressentez le moindre contact. Nous aimerions aussi que vous fermez les yeux pendant que nous réalisons le test. »

Le clinicien utilise différents monofilaments de Von Frey afin de déterminer le seuil de détection tactile. L'instrument doit être tenu fermement pour que le monofilament soit pressé contre la peau avec assez de force et qu'il se courbe et forme un U.

En commençant avec le monofilament de 0,5mN, les forces appliquées sont augmentées jusqu'à ce que le patient/volontaire sain sente le contact. La force correspondante représente la « première valeur » du seuil de détection tactile.

Une fois que vous avez obtenu le premier rapport positif, vous pouvez inverser l'ordre d'application des monofilaments jusqu'à ce que le sujet ne détecte plus de stimuli afin d'obtenir une « seconde valeur ». Maintenant, retournez aux forces croissantes et ainsi de suite afin d'obtenir 5 « premières valeurs » et 5 « secondes valeurs » représentant les « tournants » dans le protocole de détermination des seuils de détection tactile.

À ce stade, avant de passer aux déterminations du seuil réel, vous devriez donner au sujet un essai pratique d'une détermination de seuil unique sur un site complètement différent de ceux testés en utilisant les phrases suivantes :

« Je vais presser ces filaments contre votre peau (préciser la zone de contrôle et de test. »

« Dites 'oui' si vous ressentez un contact. »

- **Seuil de douleur mécanique (MPT)**

Chacun des centres doit avoir accès à un jeu de 7 stimulateurs tactiles à l'aiguille (« Pinprick ») avec des forces d'intensité bien définies (zone de contact de 0,2mm de diamètre), comprises entre 8 et 512 mN. Le seuil de douleur mécanique sera mesuré en utilisant la « méthode des limites » avec cinq séries de stimuli croissants et décroissants.

La moyenne des seuils de détection de douleur mécanique sera enregistrée dans la base de données.

Afin d'expliquer la procédure au patient/volontaire sain, il est nécessaire d'utiliser les phrases suivantes :

« Ce test évalue votre capacité à détecter la sensation de piqûre. Les aiguilles utilisées seront doucement appliquées contre votre peau/gencive (préciser la zone de contrôle et la zone de test). »

L'examineur utilise différents stimulateurs mécaniques afin d'évaluer les seuils de douleur mécanique, et non les seuils de détection tactiles. Les stimuli à l'aiguille sont appliqués sur la zone de test, après avoir été appliqués sur une zone de contrôle au préalable précisée au sujet. Si les stimulateurs utilisés sont enveloppés, seule l'aiguille touche la zone testée.

L'examineur applique les différents stimulateurs pendant 2 secondes, avec 2 secondes d'intervalle, de façon croissante, jusqu'à atteindre le seuil de douleur mécanique (« première valeur »). Une fois que la première douleur est rapportée, l'examineur peut inverser l'ordre d'application et passer aux stimulateurs de forces inférieures jusqu'à ce que le sujet ne rapporte aucune douleur (« seconde valeur »). Ensuite l'examineur revient aux forces croissantes jusqu'à obtenir 5 « oui » (présence de douleur) et 5 « non » (absence de douleur).

Avant de déterminer les seuils réels, l'examineur doit réaliser un essai pratique d'une détermination de seuil de douleur mécanique sur un site complètement différent de ceux testés durant les phases suivantes. Les instructions sont les suivantes :

« Je vais appliquer ces stimuli à l'aiguille sur votre peau (préciser la zone de contrôle, et la zone de test). Au début, vous deviez être capable de les ressentir, mais sans douleur. Eventuellement, une composante douloureuse pourrait s'ajouter. Veuillez dire « oui » si vous ressentez une douleur de type piqûre. Si vous ressentez le stimuli mais sans douleur de type piqûre, veuillez dire « non ».»

« Avez-vous des questions ? »

« Veuillez ne pas regarder la zone testée durant l'évaluation. »

Il est important que le sujet comprenne qu'il s'agit d'un test d'évaluation de la douleur à l'aiguille et non d'évaluation de la détection tactile ou de tolérance.

- **Evaluation des fonctions stimuli-réponse : sensibilité à la douleur mécanique (MPS) et allodynie dynamique (DMA)**

L'évaluation se fait avec un jeu de 7 stimulateurs tactiles d'intensités bien définies (zone de contact de 0,2mm de diamètre) exerçant des forces entre 8 et 512 mN, ainsi qu'un jeu de 3 stimulateurs tactiles dynamiques. Ces stimuli sont appliqués dans un ordre prédéfini afin d'évaluer la fonction « stimulus réponse » pour les douleurs évoquées à l'aiguille, et pour tester l'hyperalgésie, l'hypoalgésie et l'allodynie. Les stimuli tactiles sont appliqués de façon unique sur une longueur d'environ 1cm. Les patients sont interrogés afin de noter leur douleur entre 0 et 100 (« 0 » indiquant aucune douleur, mais pas forcément « aucune détection », marquée par un Ø).

Avant de procéder aux séries de stimuli randomisés, l'examineur doit réaliser un essai pratique pour le sujet en appliquant le stimulus à l'aiguille le plus faible et le plus fort, et les 3 stimuli tactiles de « caresse » sur des sites différents de ceux testés par la suite.

Afin d'expliquer la procédure au patient/volontaire sain, il est nécessaire d'utiliser les phrases suivantes :

« Ceci est un test pour évaluer votre capacité à ressentir différentes intensités de douleur. Comme dans les tests précédents, différentes aiguilles seront appliquées consécutivement avec précaution contre votre peau/gencives. Entre elles, vous serez touchés avec précaution avec d'autres instruments. Certains de ces stimuli seront accompagnés d'une sensation de « brûlure » ou de « piqûre », d'autres ne vous feront rien ressentir et parfois vous ne les ressentirez pas du tout. Veuillez donner un nombre entre 0 et 100 pour décrire la douleur de chacun des stimuli. »
« 0 » indique l'absence de douleur ou de sensation de piqûre, brûlure, picotement ou démangeaison.

« 100 » indique la douleur, sensation de piqûre, brûlure, picotement ou démangeaison la plus intense imaginable.

« Avez-vous des questions ? »

(Note : si le sujet reste silencieux et ne ressent rien, la valeur ne doit pas être nulle mais doit être exclue).

« Veuillez ne pas regarder la zone testée durant l'évaluation. »

- **Evaluation de la sommation temporelle (WUR)**

L'application répétée de 10 stimuli uniques douloureux (stimuli à l'aiguille, 128mN) avec un intervalle inter stimulus de 1 seconde (60 par minute, réglé par métronome), sur une zone de 1cm² va être réalisée. Il est demandé aux patients de noter la douleur à la fin de la série de 10 tests sur une échelle visuelle analogique de 0-100mm. Le test est répété 5 fois sur chaque site, sur des zones de stimulation de 1cm².

Avant chaque série de 10 tests, une application unique à l'aiguille sera réalisée et il sera demandé au sujet de donner une valeur à la douleur sur une échelle visuelle analogique de 0-100mm.

Afin d'expliquer la procédure au patient/volontaire sain, il est nécessaire d'utiliser les phrases suivantes :

« Ceci est un test où les stimulations à l'aiguille seront répétées, en utilisant le même type d'aiguille que lors des 2 tests précédents. »

A ce stade, l'examineur doit appliquer l'aiguille de 128mN sur une zone complètement différente de la zone de contrôle et de test en tant que stimuli d'entraînement. A ce moment-là, l'examineur peut dire au patient/volontaire :

« Je vais appliquer une stimulation à l'aiguille. Veuillez donner un nombre entre 0 et 100 pour décrire la douleur de cette stimulation à l'aiguille. Après cela, j'appliquerai une série de 10 stimuli d'affilée sur une petite zone sur vos mains et votre bouche (ou autres zones, à préciser) espacés d'une seconde, en étant guidé par un métronome. Vous donnerez un nombre entre 0 et 100 pour la douleur ressentie après cette série de 10 stimuli. »

« 0 » Indique l'absence de douleur à l'aiguille

« 100 » Indique la douleur causée par l'aiguille la plus intense imaginable.

3.4. Analyse des données recueillies

Pour permettre une comparaison aisée entre les valeurs d'évaluation sensorielle quantitative relevées chez un patient et des données de référence (*Fig 4.6*), ces valeurs doivent être « Z-transformées », pour chacun des paramètres, d'après la formule suivante (Rolke et al. 2006 ; Mucke et al. 2015) :

$$Z\text{-score} = (\text{Valeur (patient testé)} - \text{valeur moyenne (sujets témoins)}) / \text{écart-type}$$

La Z-transformation s'applique uniquement aux valeurs distribuées normalement, d'après la loi de Gauss, qui permet de répartir les données de façon symétrique au sein d'un intervalle de confiance prédéfini.

Pour cela, une transformation logarithmique est nécessaire pour les valeurs des paramètres distribuées de façon asymétrique (pour les tests CDT, WDT, TSL, MDT, MPT, MPS, ALL, WUR, PPT).

De plus, les valeurs obtenues suite à la réalisation de certains tests par contact léger ou piqûre à l'aiguille peuvent être nulles si le sujet ne ressent pas le stimulus. Les valeurs nulles ne pouvant être transformées de façon logarithmique, une constante de (+0,1) doit être ajoutée selon la procédure de Bartlett (Bartlett 1941), afin d'éviter toute perte des données.

L'application de cette transformation permet d'obtenir une distribution des valeurs dite normale, autour d'une moyenne nulle, en considérant que pour chaque paramètre, le z-score de la valeur moyenne d'un paramètre chez les sujets témoins (données de référence du DFNS) est nul.

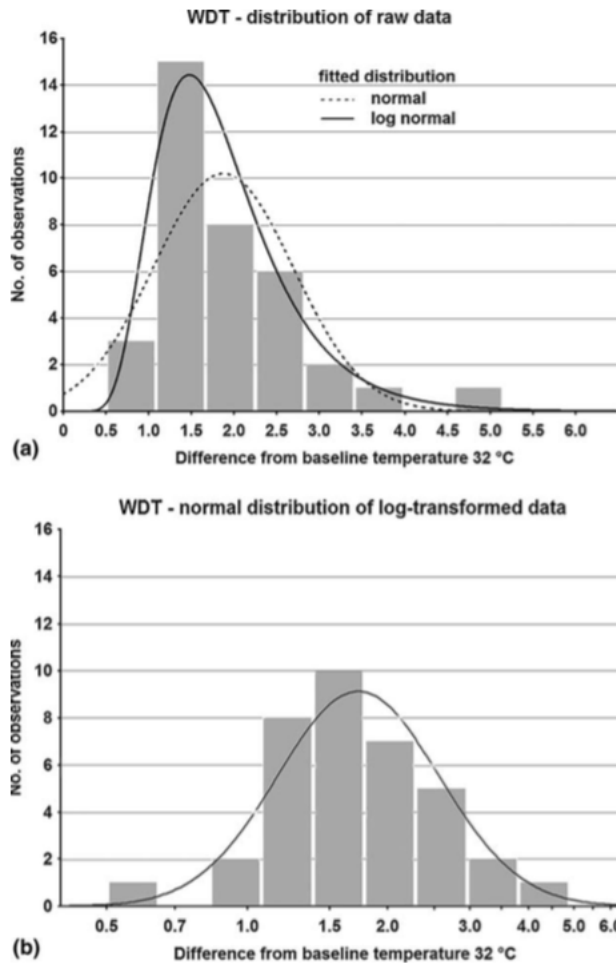


Fig 3.13. Distribution des valeurs brutes pour le test WDT réalisé au niveau de la main par Rolke et ses associés en 2006. La distribution des valeurs brutes avant transformation logarithmique, devient symétrique (normale) après transformation logarithmique des valeurs brutes.

L'intérêt de ce procédé est d'analyser plus aisément les données recueillies chez les patients :

- toute valeur positive serait signe d'un gain de fonction qui se traduit par une diminution des seuils de détection ou de douleur (retrouvé surtout pour les tests MPS, ALL, WUR) ;
- toute valeur négative serait signe d'une perte de fonction qui se traduit par une augmentation des seuils de détection ou de douleur (retrouvé surtout pour les tests CDT, WDT, TSL, HPT, CPT, MDT, MPT, VDT, PPT).

Après cette Z-transformation, il est plus simple de comparer les données d'un patient aux sujets témoins, sachant que l'intervalle de confiance (IC) d'une distribution normale est défini comme ceci :

$$95\% \text{ IC} = \text{Moyenne (patients témoins)} \pm 1,96 \cdot \text{écart-type}$$

Selon cette formule, après Z-transformation des valeurs de chacun des paramètres, leur distribution s'effectue chez un patient sain, autour d'une moyenne nulle et au sein d'un intervalle de confiance à 95% compris entre -1,96 et +1,96. Toute valeur z-transformée en dehors de cet intervalle de confiance serait le reflet d'anomalie sensorielle.

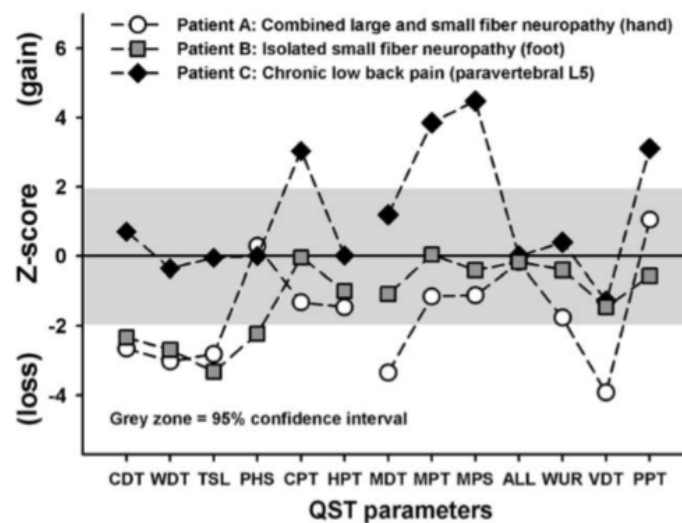


Fig 3.14. Exemple de distribution des valeurs de chaque paramètre d'évaluation sensorielle quantitative après z-transformation pour 3 patients atteints de différents syndromes neuropathiques (Rolke et al. 2006).

3.5. Interprétation des signes cliniques

La réalisation de l'évaluation sensorielle quantitative permet de donner, pour un patient, un aperçu général des gains et pertes de fonctions pour chacun des paramètres, et donc de définir les voies dysfonctionnelles (Pfau, et al. 2012) :

- l'augmentation de la sensibilité au chaud (**WDT**) reflète une altération des processus nociceptifs périphériques (Treede et al. 1992) ;
- l'hyperalgésie au chaud (**HPT**) dans une zone où se trouve une lésion (hyperalgésie primaire) est signe de sensibilisation périphérique (Meyer et Campbell 1981) ;
- l'augmentation de la sensibilité aux stimuli mécanique (**MPT**) en absence de lésion reflète une altération au niveau central du système nerveux (Treede et al. 1992).
- une diminution des seuils de douleur à la pression (**PPT**), testant la sensibilité des tissus profonds, évoque un phénomène de sensibilisation, périphérique (Woolf et Mannion 1999) ou central (Woolf 2011) ;
- la désinhibition des processus centraux peut être reflétée par une modification des sensations suite à l'application de stimuli thermiques. C'est le cas lorsqu'un sujet présente des sensations paradoxales de chaleur (**PHS**), ce qui a été prouvé dans certaines études de blocage nerveux, lorsque les stimuli au froid étaient médiés par les fibres C alors que les fibres A δ étaient bloquées (Fruhsthofer 1984 ; Susser et al. 1999) ;
- la sensibilisation centrale peut être mise en avant en cas d'allodynie dynamique (**DMA**), les fibres A β présentant des shunts avec les neurones des voies de transmission centrale de la douleur (Treede 2004) ;
- une hypersensibilité généralisée après évaluation sensorielle suggère une perturbation des mécanismes de contrôle descendants (observé dans les cas de fibromyalgie) (Blumenstiel 2011) ;
- le cas de douleur spontanée concomitante à une augmentation des seuils de de détection (processus de déafférentation), pourrait s'expliquer par une activité ectopique de fibres nerveuses lésées (Devor et al. 1992).

Signes cliniques	Définition	QST	Mécanisme neurobiologique sous-jacent possible		
			Déafférentation	Sensibilisation périphérique	Sensibilisation centrale
		Evaluation des gains et pertes de fonction			
Gain de fonction		Sensibilité aux stimuli :			
Hyperalgésie	Augmentation de la sensibilité de(s)				
Au chaud	... la peau	Stimulation au chaud (C, A δ)	Diminution	Augmentation +	Absence de changement
Au froid	... la peau	Stimulation au froid (C, A δ)	Diminution	Absence de changement	Augmentation
A l'aiguille	... la peau	Stimuli par aiguille calibrée (Pinprick) (C, A δ)	Diminution	Augmentation	Augmentation +
A la pression	... tissus profonds	Algomètre de pression (C, A δ)	Diminution	Augmentation	Absence de changement
Allodynie	Douleur en réponse à des stimuli non nociceptifs	Brosse, coton tige, Q-tip (A β) au brossage de la peau	Absence de changement	Absence de changement	Augmentation

Perte de fonction					
Hypoesthésie	Diminution de la sensibilité aux stimuli non douloureux	Stimulation au froid (A δ), Stimulation au chaud (C) Filaments Von Frey (A β) Fourchette vibratoire à 64Hz (A β)	Diminution	Absence de changement	Absence de changement ou Diminution
Hypoalgésie	Diminution de la sensibilité aux stimuli douloureux	Au froid/chaud, stimuli par thermotest (C, A δ), aiguilles calibrées (C, A δ) et algomètre de pression (C, A δ)	Diminution	Absence de changement	Absence de changement

Fig 3.15. Signes cliniques et résultats possiblement obtenus après évaluation quantitative sensorielle et possibles mécanismes neurobiologiques sous-jacents (Mucke et al. 2015 - modifié). Par exemple, les sujets douloureux atteints de déafférentation présentent une diminution du phénomène d'hyperalgésie en cas de stimulation au chaud. Les concepts dans les cases grises constituent à ce jour des hypothèses et ne sont pas encore acceptées par l'IASP.

4 INTERETS ET LIMITES DU QST

4.1. Intérêts

4.1.1. Reproductibilité

L'un des atouts majeurs du protocole d'évaluation sensorielle standardisé est sa reproductibilité, assurée par le contrôle de l'intensité des stimuli délivrés, contrairement à l'examen clinique au fauteuil, qualitatif (Rolke et al. 2006 ; Hansson et al. 2007).

La reproductibilité est définie comme la « *Qualité d'une mesure qui donne les mêmes résultats si on la répète dans des conditions différentes et à des époques différentes.* » (Dictionnaire LE LAROUSSE).

Dans le cadre de l'évaluation quantitative sensorielle, la reproductibilité est évaluée dans différentes conditions :

- la reproductibilité **intra-examineur** correspond à la qualité d'une mesure qui donne les mêmes résultats en étant répétée par la même personne à deux instant différents ;
- la reproductibilité **inter-examineur** correspond à la qualité d'une mesure qui donne les mêmes résultat en étant répétée par deux personnes différentes à deux instants différents.

Ce paramètre est évalué en calculant le coefficient de corrélation intra-classe (ICC), justifiant l'homogénéité entre deux variables quantitatives (ce coefficient est calculé automatiquement à l'aide du logiciel *ANOVA*, mis à la disposition des cliniciens mettant en œuvre le QST) (Samuelsson et al. 2007).

Pour l'ensemble des études utilisant le QST, la reproductibilité d'un test est jugée acceptable si l'ICC est compris entre 0.4 et 0.59, bonne si l'ICC est compris entre 0.6 et 0.75, et excellente si l'ICC est supérieur ou égal à 0.75 (Pigg et al. 2010)

En 2010, Geber et al. ont réalisé une étude multicentrique afin d'évaluer la reproductibilité du QST selon le protocole du DFNS chez 60 patients (37 hommes, 23 femmes âgés de 56,4 +/- 1,9 ans) atteints de divers syndromes à l'origine de douleurs neuropathiques (Geber et al. 2011). La reproductibilité intra-examineur (Test-retest) et inter-examineur est observée en évaluant 4 fois le même patient deux jours de suite selon le même protocole, réalisé par deux praticiens entraînés. Chacune des deux journées, les patients ont été testés le matin et l'après-midi au

niveau de la face, des membres supérieurs et inférieurs. Chez chacun des patients, deux zones ont été testées. L'une est définie comme la « zone de test », symptomatique, tandis que l'autre est définie comme la « zone de contrôle », non affectée ou moins affectée que la « zone de test ».

Geber et al. ont mis en évidence dans cette étude une corrélation moyenne des valeurs obtenues (ICC) de :

- 86,1% pour la reproductibilité intra-examineur ;
- 83,2% pour la reproductibilité inter-examineur ;
- 82,7% en comparaison des valeurs obtenues le matin et l'après-midi (étude des effets du rythme circadien sur la reproductibilité des mesures, avec par exemple les variations de température corporelle, hormonales, du niveau de vigilance etc. sur la reproductibilité des mesures.)

Ces résultats montrent que le QST présente une bonne reproductibilité intra-examineur et inter-examineur en regard de diverses zones corporelles. Plus spécifiquement, Geber et al. ont constaté que :

- la reproductibilité intra-examineur (test-retest) est bonne hormis pour les tests WUR et PHS ;
- la reproductibilité inter-examineur est bonne mais significativement inférieure à la reproductibilité intra-examineur ;
- la reproductibilité n'a pas été affectée d'un centre à un autre, les examinateurs ayant été formés à la réalisation du même protocole ;
- la reproductibilité est plus élevée lors de l'évaluation des zones affectées que lors de l'évaluation des zones non affectées ;
- aucune différence significative n'a été relevée en comparant les valeurs obtenues le matin et l'après-midi.

Table 2Mean values, correlation coefficients, and paired *t* test results for all data pairs (TR-R, IO-R, and circadian rhythm effects) for ongoing pain (NRS, 0–100) and all QST parameters.

	Unit	Test–retest				Interobserver				Circadian rhythm				
		Mean values		Correlation		Mean values		Correlation		Mean values		Correlation		
		Day 1	Day 2	<i>t</i>	<i>r</i>	Observer 1	Observer 2	<i>t</i>	<i>r</i>	Morning	Afternoon	<i>t</i>	<i>r</i>	
Pain	NRS	25.0	22.9	1.26	0.761	24.8	23.7	0.55	0.752	25.0	23.5	0.85	0.753	
QST	CDT ^a	°C	-7.53	-7.75	-0.55	0.852	-7.52	-7.77	-0.61	0.847	-7.55	-7.73	-0.43	0.847
	WDT ^a	°C	8.28	8.21	0.18	0.802	8.29	8.20	0.28	0.837	8.34	8.15	0.60	0.838
	TSL ^a	°C	18.14	17.76	0.54	0.880	17.67	18.23	-0.75	0.856	17.95	17.95	0.01	0.855
	CPT ^b	°C	11.01	10.91	0.20	0.855	11.03	10.89	0.24	0.812	10.76	11.16	-0.71	0.811
	HPT ^b	°C	46.32	46.24	0.46	0.881	46.15	46.41	-1.30	0.871	46.29	46.27	0.13	0.868
	PPT ^a	kPa	352.65	359.49	-0.66	0.881	345.74	366.68	-1.17	0.843	354.73	357.39	-0.22	0.839
	MPT ^a	mN	81.02	69.07	1.95	0.802	73.24	76.41	-0.51	0.795	78.83	70.99	1.26	0.796
	MPS ^a	NRS	0.75	0.79	-0.80	0.902	0.79	0.95	-2.06*	0.830	0.70	0.84	-1.77	0.826
	WUR ^{a,c}		2.87	2.68	1.00	0.671	2.63	3.12	-2.20*	0.556	3.09	2.65	1.95	0.558
	MDT ^a	mN	16.69	14.54	1.58	0.895	15.47	15.68	-0.15	0.885	16.32	14.86	1.04	0.887
	VDT ^b	×/8	4.99	4.94	0.59	0.932	5.13	4.80	2.62*	0.886	4.91	5.01	-0.78	0.849
	DMA ^a	NRS	0.14	0.12	1.36	0.870	0.22	0.24	-1.24	0.790	0.12	0.13	-0.82	0.782
	PHS ^b	×/3	0.74	0.64	0.93	0.351	0.68	0.71	-0.35	0.444	0.67	0.72	-0.52	0.445
	Mean (QST)				0.861				0.832				0.827	

Abbreviations as in text.

^a Geometric mean.^b Arithmetic mean.^c In case of WUR, only 88 of 120 (TR-R) or 86 of 120 (IO-R) could be analysed.* *P* < .05.

Fig 4.1. Valeurs moyennes de chaque paramètre du QST, obtenues lors de l'observation intra-évaluateur (test-retest), inter-évaluateur et durant un cycle circadien (Geber et al. 2010).

Pigg et al ont réalisé en 2010 une étude destinée à évaluer la reproductibilité de l'évaluation quantitative sensorielle au niveau intra-oral (Pigg et al. 2010). Aucun essai n'avait encore été publié pour cette région anatomique.

21 volontaires sains de l'université de Malmö en Suède (13 femmes et 8 hommes, ayant entre 24 et 71 ans, moyenne d'âge de 40,4 ans) ont participé. Deux examinateurs indépendants précédemment formés au protocole de QST du DFNS ont examiné les participants en réalisant une évaluation sensorielle complète. Chaque participant a été examiné deux fois le même jour, une fois par chacun des examinateurs (reproductibilité inter-examinateur). 1 à 3 semaines plus tard, l'un des deux examinateurs a réévalué tous les participants (reproductibilité intra-examinateur). A chaque réalisation des tests, les examinateurs ne connaissaient pas les résultats des précédentes évaluations. Les mesures de 11 paramètres ont été réalisées sur 4 sites : la peau de la joue droite, le bout de la langue et bilatéralement au niveau de la muqueuse gingivale des premières prémolaires. Aucune différence significative entre les côtés droit ou gauche n'a été relevée intra-oralement.

De nombreux tests ont présenté une reproductibilité inter-examinateur et intra-examinateur qualifiée comme étant « acceptable » avec un ICC supérieur ou égal à 0.4 :

- 30 résultats sur 44 (68,2%) lors de l'évaluation inter-examinateur (*Fig 4.2*) ;
- 32 résultats sur 44 (72,7%) lors de l'évaluation intra-examinateur (*Fig 4.3*).

La reproductibilité semble être intéressante au niveau de la langue (9-10 paramètres sur 11 avec un ICC supérieur ou égal à 0.4), et légèrement inférieure en ce qui concerne la gencive et la face (6-8 paramètres sur 11 avec un ICC supérieur ou égal à 0.4).

La reproductibilité du test WDT est assez faible dans cette étude. Cependant le nombre peu important de sujets ne permet pas de tirer des conclusions définitives.

Table 2
Inter-examiner reliability (ICC).

QST parameter	Test sites			
	Face	Tongue	Gingiva (R)	Gingiva (L)
CDT	0.27	0.61	0.41	0.21
WDT	0.14	0.65	0.13	0.53
TSL	0.28	0.55	0.13	0.74
CPT	0.91	0.76	0.44	0.77
HPT	0.87	0.83	0.59	0.58
MDT	0.31	0.11	0.36	0.34
MPT	0.56	0.41	0.68	0.75
MPS	0.85	0.32	0.86	0.31
WUR	0.52	0.75	0.81	0.13
VDT	0.25	0.45	0.65	0.68
PPT	0.89	0.84	0.69	0.84

Inter-examiner reliability for all continuous variables. ICC <0.4 is considered poor, 0.4–0.59: fair, 0.6–0.75: good, and >0.75: excellent agreement.

Fig 4.2. Reproductibilité inter-examineur d'après l'étude de Pigg et Baad Hansen, 2010

Table 3
Intra-examiner reliability (ICC).

QST parameter	Test sites			
	Face	Tongue	Gingiva (R)	Gingiva (L)
CDT	0.45	0.56	0.63	0.77
WDT	0.30	0.67	0.23	0.35
TSL	0.35	0.65	0.58	0.46
CPT	0.87	0.61	0.53	0.55
HPT	0.80	0.72	0.74	0.64
MDT	-0.12	-0.01	0.06	0.31
MPT	0.43	0.55	0.86	0.85
MPS	0.52	0.85	0.64	0.27
WUR	0.09	0.63	0.37	-0.03
VDT	0.62	0.81	0.68	0.56
PPT	0.84	0.82	0.82	0.80

Intra-examiner (test-retest) reliability for all continuous variables. ICC <0.4 is considered poor, 0.4–0.59: fair, 0.6–0.75: good, and >0.75: excellent agreement.

Fig 4.3. Reproductibilité intra-examineur d'après l'étude de Pigg et Baad Hansen, 2010

Dans l'étude de Pigg et Baad Hansen 2010, la reproductibilité intra-examineur et inter-examineur pour le CDT est inconstante, reflétant sûrement une variabilité importante de la densité fibreuse des afférences sensorielles au froid, ou des propriétés biophysiques au niveau des tissus considérés. Cependant la reproductibilité concernant le HPT et le CPT présente une bonne voire excellente reproductibilité, ce qui suggère que la sensation douloureuse provoquée

par un stimulus thermique est indépendante de la capacité de discrimination des stimuli thermiques. Concernant le test **MDT**, la reproductibilité est faible, ce qui peut être dû à la forme des monofilaments Von Frey, le calibre le plus faible (0,25mN) délivrant une force trop importante pour les sites à bas seuil de détection mécanique (la plupart des sujets pouvant les détecter). Cependant, les résultats du test **MPT** présentent une reproductibilité bonne voire excellente au niveau des différents sites testés.

Baad Hansen et al., ont évalué la reproductibilité de l'évaluation sensorielle quantitative chez les patients présentant une odontalgie atypique (OA).

Il s'agit de la 1ère étude de ce type chez des patients atteints de douleur chronique oro-faciale (Baad Hansen et al. 2015). Le but de l'étude est d'évaluer la reproductibilité intra-examineur et inter-examineur de l'évaluation intra-orale du QST en regard des valeurs absolues et z-scores chez des patients sains et atteints d'OA.

Les sujets ont été testés bilatéralement au niveau gingival (entre la canine et la première prémolaire maxillaire) et unilatéralement sur un site extratrigéminal (zone de contrôle au niveau du thénar, main droite), le premier jour par deux examinateurs différents, et une semaine plus tard par l'un des deux examinateurs. Dans cette étude, la plupart des mesures ont montré une reproductibilité bonne voire excellente (*Fig 4.4 – Fig 4.5*) :

- 9 à 12 mesures sur 13 dans le cas de l'évaluation inter-examineur avaient un ICC compris entre 0.40 et 0.93 ;
- 7 à 11 mesures dans le cas de l'évaluation intra-examineur avaient un ICC compris entre 0.41 et 0.83.

Aucune différence significative n'a été reportée concernant la reproductibilité des mesures ou de la variabilité entre les sessions, entre les patients atteints d'OA ou les sujets sains.

Table 1. Interexaminer (a) and test-retest (b) reliability (interclass correlations (ICC) for continuous variables and kappa values for categorical variables) for absolute quantitative sensory testing (QST) variables in patients with atypical odontalgia (AO) (AO, $n = 45$), healthy control subjects (Controls, $n = 68$) and both groups together (Total, $n = 113$) for intra-oral pain site (test area: TA), intra-oral control area (CA) and extra-trigeminal control site on hand (ECA). (For CS group without pain, TA corresponds to left side and CA to right side)

	AO			Controls			Total		
	TA	CA	ECA	TA	CA	ECA	TA	CA	ECA
<i>(a)</i>									
CDT	0.53	0.50	0.42	0.50 (0.49)	0.53 (0.61)	0.82 (0.72)	0.51 (0.53)	0.52 (0.59)	0.55 (0.48)
WDT	0.34	0.62	0.72	0.64 (0.79)	0.56 (0.57)	0.76 (0.86)	0.46 (0.45)	0.58 (0.61)	0.74 (0.78)
TSL	0.68	0.29	0.74	0.66 (0.79)	0.65 (0.71)	0.83 (0.87)	0.67 (0.74)	0.50 (0.51)	0.78 (0.78)
PHS	0.04	0.30	0.08	0.14 (0.27)	0.27 (0.52)	-0.06 (0.00)	0.11 (0.25)	0.30 (0.50)	0.00 (0.15)
CPT	0.78	0.76	0.67	0.59 (0.63)	0.57 (0.64)	0.61 (0.65)	0.69 (0.72)	0.64 (0.68)	0.64 (0.67)
HPT	0.50	0.32	0.65	0.44 (0.57)	0.44 (0.50)	0.77 (0.76)	0.48 (0.51)	0.38 (0.37)	0.71 (0.70)
MDT	0.44	0.44	0.82	0.41 (0.42)	0.55 (0.51)	0.52 (0.52)	0.45 (0.44)	0.48 (0.46)	0.81 (0.81)
MPT	0.74	0.60	0.71	0.58 (0.50)	0.63 (0.55)	0.60 (0.62)	0.65 (0.63)	0.62 (0.59)	0.66 (0.67)
MPS	0.62	0.76	0.40	0.56 (0.39)	0.68 (0.94)	0.71 (0.68)	0.60 (0.60)	0.70 (0.83)	0.58 (0.52)
DMA	0.79	0.83	0.71	0.64 (0.99)	0.47 (0.84)	0.93 (0.78)	0.78 (0.80)	0.72 (0.83)	0.73 (0.71)
WUR	0.66	0.13	0.57	0.44 (0.50)	0.52 (0.52)	0.42 (0.44)	0.57 (0.63)	0.29 (0.26)	0.49 (0.49)
VDT	0.60	0.46	0.63	0.49 (0.35)	0.60 (0.50)	0.67 (0.63)	0.54 (0.49)	0.56 (0.54)	0.64 (0.63)
PPT	0.66	0.45	0.60	0.50 (0.51)	0.43 (0.39)	0.60 (0.60)	0.60 (0.62)	0.44 (0.43)	0.59 (0.58)
<i>(b)</i>									
CDT	0.50	0.48	0.38	0.60 (0.66)	0.46 (0.59)	0.59 (0.59)	0.55 (0.56)	0.47 (0.52)	0.46 (0.43)
WDT	0.52	0.45	0.70	0.67 (0.71)	0.53 (0.60)	0.83 (0.94)	0.59 (0.56)	0.51 (0.53)	0.77 (0.80)
TSL	0.72	0.47	0.75	0.44 (0.58)	0.66 (0.83)	0.79 (0.80)	0.57 (0.65)	0.59 (0.63)	0.77 (0.76)
PHS	0.27	0.09	0.36	0.02 (0.18)	0.24 (0.38)	0.20 (-0.05)	0.18 (0.27)	0.19 (0.33)	0.27 (0.41)
CPT	0.51	0.41	0.66	0.55 (0.52)	0.60 (0.62)	0.36 (0.46)	0.53 (0.49)	0.52 (0.48)	0.51 (0.56)
HPT	0.32	0.31	0.66	0.49 (0.66)	0.42 (0.55)	0.49 (0.49)	0.42 (0.41)	0.37 (0.41)	0.55 (0.55)
MDT	0.13	0.25	0.62	0.63 (0.60)	0.43 (0.35)	0.47 (0.58)	0.25 (0.22)	0.32 (0.29)	0.63 (0.63)
MPT	0.62	0.51	0.68	0.62 (0.58)	0.63 (0.64)	0.54 (0.53)	0.63 (0.61)	0.59 (0.58)	0.61 (0.63)
MPS	0.17	0.41	0.58	0.71 (0.97)	0.28 (0.40)	0.44 (0.58)	0.48 (0.47)	0.30 (0.40)	0.48 (0.57)
DMA	0.13	0.36	0.52	- (-)	-0.03 (0.01)	-0.04 (-)	0.14 (0.15)	0.29 (0.37)	0.41 (0.52)
WUR	0.04	0.63	0.31	0.23 (0.17)	0.24 (0.02)	0.18 (0.22)	0.07 (0.05)	0.53 (0.57)	0.24 (0.27)
VDT	0.62	0.55	0.67	0.64 (0.55)	0.64 (0.60)	0.58 (0.53)	0.64 (0.58)	0.62 (0.57)	0.62 (0.58)
PPT	0.67	0.51	0.64	0.64 (0.75)	0.65 (0.78)	0.32 (0.35)	0.66 (0.71)	0.59 (0.63)	0.50 (0.51)

Numbers in *italics* represent ICC and kappa values obtained using only 43 age- and gender-matched controls subjects. Numbers in **bold** represent fair to excellent reliability (ICCs ≥ 0.4). CDT, cold detection threshold, WDT, warmth detection threshold, TSL, thermal sensory limen, PHS, paradoxical heat sensation, CPT, cold pain threshold, HPT, heat pain threshold, MDT, mechanical detection threshold, MPT, mechanical pain threshold, MPS, mechanical pain sensitivity, DMA, dynamic mechanical allodynia, WUR, wind-up ratio, VDT, vibration detection threshold, PPT, pressure pain threshold.

Fig 4.4. Reproductibilité inter-examineur et intra-examineur (test-retest) lors de l'évaluation sensorielle quantitative chez les patients atteints d'AO et chez les sujets sains d'après Baad Hansen et Pigg en 2015 (coefficient de corrélation interclasse ICC pour les variables continues, et valeurs kappa pour le paramètre PHS).

	AO		Controls	
	Interexaminer	Test–retest	Interexaminer	Test–retest
LogCDT	0.58	0.48	0.46	0.60
LogWDT	0.45	0.52	0.62	0.62
LogTSL	0.72	0.60	0.58	0.48
CPT	0.76	0.54	0.59	0.59
HPT	0.40	0.44	0.44	0.53
logMDT	0.59	0.51	0.62	0.72
LogMPT	0.74	0.61	0.58	0.57
LogMPS	0.39	0.39	0.81	0.83
LogDMA	0.62	0.76	0.83	0.83
LogWUR	0.59	0.25	0.54	0.60
VDT	0.61	0.45	0.52	0.64
LogPPT	0.78	0.73	0.52	0.74

Fig 4.5. Coefficients de corrélation interclasse (ICC) des z-scores individuels des paramètres du QST. Les valeurs surlignées correspondent aux tests pour lesquels la reproductibilité est mauvaise (Baad Hansen et al. 2015).

Lors de cette étude, Baad Hansen et coll. ont constaté que la reproductibilité au niveau extratrigéminal était meilleure que la reproductibilité intra-orale, autant chez les patients atteints de douleur chronique oro-faciale que chez les patients sains.

Selon ces trois études, le QST s'avère donc être fiable en termes de reproductibilité (selon les échelles acceptées, c'est-à-dire lorsque l'ICC est supérieur ou égal à 0.4).

Cependant, la reproductibilité du QST ne peut être évaluée qu'à court terme. En effet, sur le long terme, une absence de reproductibilité des résultats pourrait traduire un changement clinique (évolution d'une pathologie), plutôt qu'une variabilité due à la procédure du QST elle-même (Geber et al. 2010).

4.1.2. Données de référence

En 2006, le DFNS a dressé un tableau des valeurs moyennes obtenues après évaluation de sujets, pour chacun des paramètres d'évaluation sensorielle, classées selon le site testé (Rolke et al. 2006).

Les différents sites testés par le DFNS sont :

- le visage, pour les comparaisons avec les valeurs recueillies au niveau de la tête et du cou ;
- la main, pour les comparaisons avec les valeurs recueillies sur la partie supérieure du corps ;
- le pied, pour les comparaisons avec les valeurs recueillies sur la partie inférieure du corps.

Les procédures d'évaluation sensorielle quantitative mettent en évidence des différences significatives importantes entre ces différentes zones testées pour la plupart des paramètres.

En général, les seuils sont plus bas au niveau du visage, puis au niveau de la main et enfin du pied (à l'exception du seul de détection vibratoire dont le seuil est plus élevé au niveau de la main). D'autre part, concernant les fonctions stimuli-réponse à l'aiguille (MPS), la sensibilité est plus importante au niveau du visage, suivi par le pied et enfin la main (*Fig 4.6.*). Ceci confirme que chaque zone corporelle nécessite ses propres données de référence concernant l'évaluation sensorielle. Aucune différence significative n'a été relevée lors de la comparaison des zones testées gauche et droite (Rolke et al. 2006).

D'autre part, la possession de valeurs de référence obtenues chez le patient sain permet, dans le cas de l'évaluation du patient malade, de comparer les valeurs obtenues avec des moyennes lorsqu'il est compliqué voire impossible pour les examinateurs de définir une zone de contrôle à comparer à la zone de test (Magerl et al. 2010).

Parameter		Mean \pm SD (raw data)	Mean \pm SD (log data)	Skewness (raw/log)	Kurtosis (raw/log)	K-S' <i>d</i> (raw/log)	Weighted ratio (raw/log)	Recommended data transformation
CDT (ΔT , °C)	Face	-0.67 \pm 0.33	-0.213 \pm 0.173	-2.28/1.01	6.51/1.04	0.25/0.19		
	Hand	-0.91 \pm 0.44	-0.081 \pm 0.179	-1.67/0.81	2.30/0.28	0.20/0.12	6.92	Log
	Foot	-1.71 \pm 1.47	0.187 \pm 0.280	-0.13/-0.08	3.45/0.12	0.17/0.12		
WDT (ΔT , °C)	Face	1.05 \pm 0.49	-0.019 \pm 0.186	1.21/0.47	0.77/-0.55	0.18/0.13		
	Hand	1.87 \pm 0.82	0.237 \pm 0.173	1.63/0.23	3.66/0.75	0.14/0.08	5.90	Log
	Foot	4.57 \pm 2.30	0.615 \pm 0.195	1.50/0.46	2.38/-0.34	0.17/0.11		
TSL (ΔT , °C)	Face	1.37 \pm 0.84	0.056 \pm 0.293	1.24/-1.11	0.88/3.90	0.24/0.16		
	Hand	2.81 \pm 1.36	0.403 \pm 0.200	1.55/-0.06	3.30/0.61	0.22/0.13	4.04	Log
	Foot	6.80 \pm 2.71	0.802 \pm 0.165	1.01/0.21	0.83/-0.61	0.13/0.07		
PHS ^a (x/3)	Face	0 \pm 0	-1.000 \pm 0					
	Hand	0 \pm 0	-1.000 \pm 0					None
	Foot	0.11 \pm 0.40	-0.905 \pm 0.321					
CPT (°C)	Face	10.36 \pm 10.35	0.410 \pm 1.021	0.53/-0.54	-1.21/-1.56	0.18/0.24		
	Hand	7.73 \pm 7.82	0.436 \pm 0.865	1.00/-0.82	0.11/-0.87	0.16/0.21	0.77	None
	Foot	5.96 \pm 7.74	0.202 \pm 0.910	1.62/-0.35	1.77/-1.54	0.22/0.21		
HPT (°C)	Face	44.96 \pm 3.31	1.652 \pm 0.033	-0.77/-0.94	0.10/0.39	0.14/0.15		
	Hand	45.39 \pm 3.60	1.656 \pm 0.036	-0.63/-0.81	-0.09/0.34	0.10/0.11	1.21	None
	Foot	45.80 \pm 2.61	1.660 \pm 0.025	-0.68/-0.79	-0.24/-0.002	0.14/0.15		
MDT (mN)	Face	0.21 \pm 0.05	-0.682 \pm 0.093	1.33/1.04	0.82/0.03	0.27/0.28		
	Hand	1.93 \pm 2.08	0.124 \pm 0.366	3.01/0.36	11.46/0.07	0.25/0.10	3.78	Log
	Foot	3.52 \pm 3.46	0.367 \pm 0.413	1.93/-0.11	3.55/-0.29	0.18/0.09		
MPT (mN)	Face	55.7 \pm 58.6	1.537 \pm 0.456	2.17/-0.23	5.22/-0.49	0.22/0.10		
	Hand	129.3 \pm 95.5	1.971 \pm 0.394	0.99/-0.71	0.49/0.13	0.15/0.10	7.44	Log
	Foot	88.2 \pm 74.4	1.764 \pm 0.452	1.28/-0.66	1.48/-0.13	0.16/0.12		
MPS (rating)	Face	1.79 \pm 2.18	-0.039 \pm 0.519	1.74/0.24	2.17/-0.96	0.23/0.11		
	Hand	0.65 \pm 0.79	-0.409 \pm 0.425	2.59/0.51	7.95/-0.45	0.28/0.11	7.76	Log
	Foot	0.94 \pm 1.11	-0.292 \pm 0.471	1.49/0.61	0.94/-1.05	0.27/0.17		
ALL ^b (rating)	Face	0 \pm 0	-1.000 \pm 0					
	Hand	0.001 \pm 0.006	-0.995 \pm 0.023					Log ^b
	Foot	0.001 \pm 0.003	-0.998 \pm 0.013					
WUR (ratio)	Face	3.11 \pm 2.10	0.419 \pm 0.247	2.06/0.54	5.37/-0.31	0.18/0.12		
	Hand	2.67 \pm 1.94	0.338 \pm 0.268	1.45/0.74	1.01/-0.59	0.29/0.18	3.31	Log
	Foot	3.20 \pm 2.14	0.420 \pm 0.271	1.05/0.44	-0.21/-1.14	0.20/0.13		
VDT (x/8)	Face	7.20 \pm 0.75	-0.266 \pm 0.500	-0.63/-0.43	-0.77/-1.30	0.21/0.20		
	Hand	7.66 \pm 0.43	-0.564 \pm 0.445	-1.30/0.24	1.35/-1.62	0.26/0.30	1.96	None
	Foot	7.25 \pm 0.86	-0.319 \pm 0.517	-1.79/-0.23	4.09/-1.34	0.19/0.21		
PPT (kPa)	Face	212 \pm 55.7	2.313 \pm 0.113	0.62/0.01	-0.11/-0.20	0.11/0.08		
	Hand	512 \pm 191.6	2.683 \pm 0.152	1.13/0.37	1.24/-0.50	0.15/0.09	4.69	Log
	Foot	572 \pm 199.8	2.732 \pm 0.154	0.46/-0.03	-0.71/-1.13	0.15/0.15		

ΔT , difference from baseline temperature 32 °C; K-S' *d*, Kolmogorov-Smirnov's *d*.

^a Paradoxical heat sensation (PHS) and allodynia (ALL) did not significantly occur in healthy subjects.

^b Recommendation on data transformation for allodynia (pain to light touch) was derived from patient studies and from studies of experimentally induced hyperalgesia (Baumgärtner et al., 2002; Magerl et al., 2001).

Fig 4.6. Distribution des 13 paramètres de l'évaluation sensorielle qualitative obtenues après évaluation de sujets sains au niveau du visage, de la main et du pied par le DFNS (Rolke et al. 2006).

Par la suite, des données de référence pour les différents paramètres du QST chez les enfants et adolescents, en prenant en compte la différence de sexe, ont été définies par Blankenburg et al. 2010. Une différence significative a été relevée entre les valeurs obtenues chez les enfants les plus jeunes et celles obtenues chez les adolescents. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires afin de déterminer si ces différences sont dues aux processus de croissance ou à des facteurs psychologiques influençant l'évaluation sensorielle quantitative (Blankenburg et al. 2010).

Avec le même objectif que le DFNS, Pigg et Baad Hansen 2010 ont défini des moyennes pour différents sites au niveau de la région oro-faciale (visage, langue, gencives) (Fig 4.7).

Table 1
Mean/SD for all continuous variables.

QST parameter	Test sites			
	Face	Tongue	Gingiva (R)	Gingiva (L)
CDT ^a (°C)	1.2 (0.6)	4.2 (2.4)	12.3 (7.7)	11.0 (5.6)
WDT ^a (°C)	1.8 (0.6)	2.8 (1.3)	9.3 (3.0)	9.3 (2.6)
TSL (°C)	3.3 (1.1)	6.5 (2.5)	19.9 (7.5)	21.3 (9.6)
CPT ^b (°C)	18.4 (8.1)	16.0 (6.3)	15.3 (7.6)	15.7 (7.2)
HPT ^b (°C)	41.5 (4.1)	45.3 (3.1)	47.9 (2.0)	48.3 (1.5)
MDT (mN)	0.3 (0.1)	0.3 (0.0)	17.2 (14.9)	20.5 (11.5)
MPT (mN)	208.3 (148.5)	103.1 (68.4)	294.8 (161.5)	316.7 (159.0)
MPS (0-100 NRS)	1.8 (2.8)	1.4 (0.9)	0.5 (0.5)	0.7 (1.4)
WUR (0-100 NRS)	2.8 (2.9)	2.4 (1.4)	2.5 (2.2)	2.4 (1.1)
VDT (8/8 scale)	6.3 (1.1)	5.1 (1.2)	6.4 (1.0)	6.1 (1.1)
PPT (kPa)	280.2 (85.8)	118.0 (55.0)	189.0 (67.3)	179.8 (64.3)

Mean values and standard deviation for all QST parameters at the four sites.

^a Differences from baseline temperature.

^b Absolute thresholds.

Fig 4.7. Valeurs moyennes obtenues au niveau du visage, de la langue et de la gencive suite à l'évaluation sensorielle quantitative de 21 patients d'après l'étude de Pigg, Baad Hansen de 2010.

4.1.3. Détermination de profils sensoriels.

Le DFNS assure que grâce à « l'utilisation d'une batterie de tests d'évaluation quantitative sensorielle standardisée, le profil caractéristique des signes sensoriels de chaque patient peut être dressé ». La mise en évidence d'un lien entre les profils sensoriels et les mécanismes sous-jacents pourrait avoir un impact conséquent en pharmacologie, permettant de choisir les thérapeutiques médicamenteuses adaptées à un individu donné et menant à une médecine personnalisée dans le cas des douleurs neuropathiques, en identifiant les patients dits « répondeurs » au traitement. Les études mettant en avant l'inefficacité d'une molécule chez un groupe de patient ne devraient pas forcément remettre en cause la molécule mais plutôt le groupe de sujets ciblé. Par conséquent, une meilleure catégorisation des sujets permettrait une meilleure évaluation des populations et donc de l'efficacité d'un traitement (Serra 2010). Ainsi, la cartographie sensorielle délivrée par le QST pourrait fournir des informations utiles sur le site où se situent les dommages neuronaux en ciblant leur origine, et d'identifier les possibles mécanismes physiopathologiques impliqués (Pfau et al. 2012).

Maier et al. 2010 ont réalisé la première étude utilisant le QST sur un nombre important de patients : 1236 patients atteints de douleurs neuropathiques de différentes origines furent évalués (lésion nerveuse périphérique, syndrome de douleur complexe régionale, névralgie post-herpétique, polyneuropathie, syndrome douloureux d'origine, névralgie trigéminal). Pour chaque syndrome neuropathique, plusieurs profils sensoriels ont été rapportés (Fig 4.8). Pour 92% des patients, une anomalie sensorielle a été relevée en comparaison des données de référence du DFNS :

- plus de la moitié des patients montraient à la fois des signes de gain et de perte sensorielle ;
- 26% des patients ne présentaient que des pertes sensorielles ;
- 20% des patients ne présentaient que des gains sensoriels.

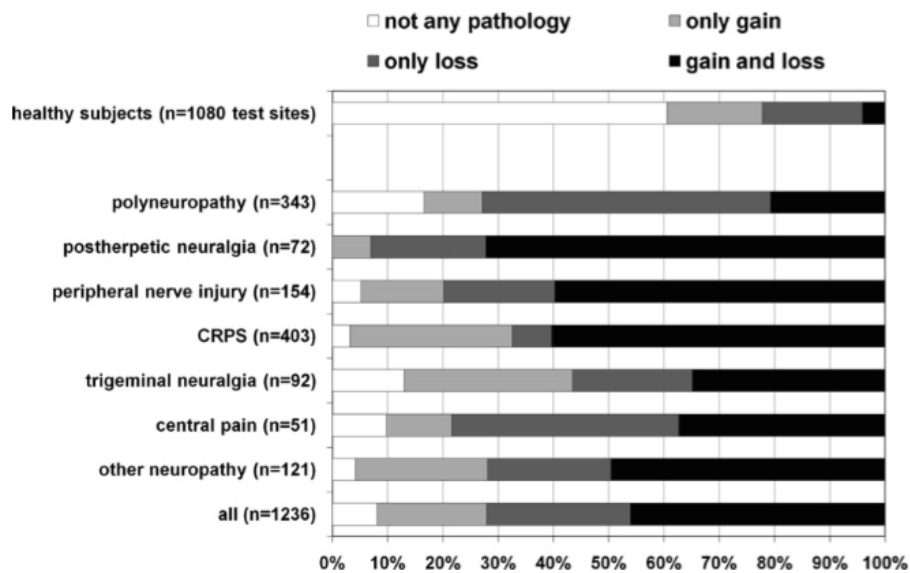


Fig 4.8. Résultats de l'évaluation sensorielle en accordance avec chaque syndrome neuropathique (Maier et al. 2010).

Freeman et al. 2014 ont publié une méta-analyse dont le but était de dresser le profil clinique de patients atteints de syndromes douloureux neuropathiques (consécutives à un AVC (CPSP), au HIV, et au diabète (DPN)) en incluant les données du QST (Freeman et al. 2014). 4 études contrôlées, randomisées en double-aveugle incluant 1231 patients, avant administration de prégabaline ou d'un Placebo chez les patients atteints de syndromes neuropathiques précédemment cités ont été retenues.

4 sous-groupes avec des profils douloureux différents ont été identifiés (*Fig 4.9*) :

Sous-groupe n°1 : patients dont l'évaluation sensorielle quantitative a donné :

- des scores faibles lors de l'évaluation de l'allodynie mécanique statique, de l'allodynie mécanique dynamique, de l'hyperalgésie au contact et de la sommation temporelle ;
- des scores élevés lors de l'évaluation de l'hyperalgésie provoquée par le froid, et de l'allodynie provoquée par le froid.

Sous-groupe n°2 : patients dont l'évaluation sensorielle quantitative a donné :

- des scores élevés lors de l'évaluation de l'hyperalgésie au contact et de la sommation temporelle ;
- des scores faibles lors de l'évaluation de l'hyperalgésie provoquée par le froid, et de l'allodynie provoquée par le froid.

Sous-groupe n°3 : patients dont l'évaluation sensorielle quantitative a donné :

- des scores élevés lors de l'évaluation de la sommation temporelle ;
- la moyenne la plus élevée parmi les 4 sous-groupes en considérant l'ensemble des mesures considérées.

Sous-groupe n°4 : Ce sous-groupe est constitué de patients ayant, pour chacun des paramètres d'évaluation sensorielle, reporté un score nul.

Cette étude a permis, pour la première fois, de mettre en avant des profils sensoriels similaires au sein de divers syndromes neuropathiques après évaluation d'un nombre important de patients.

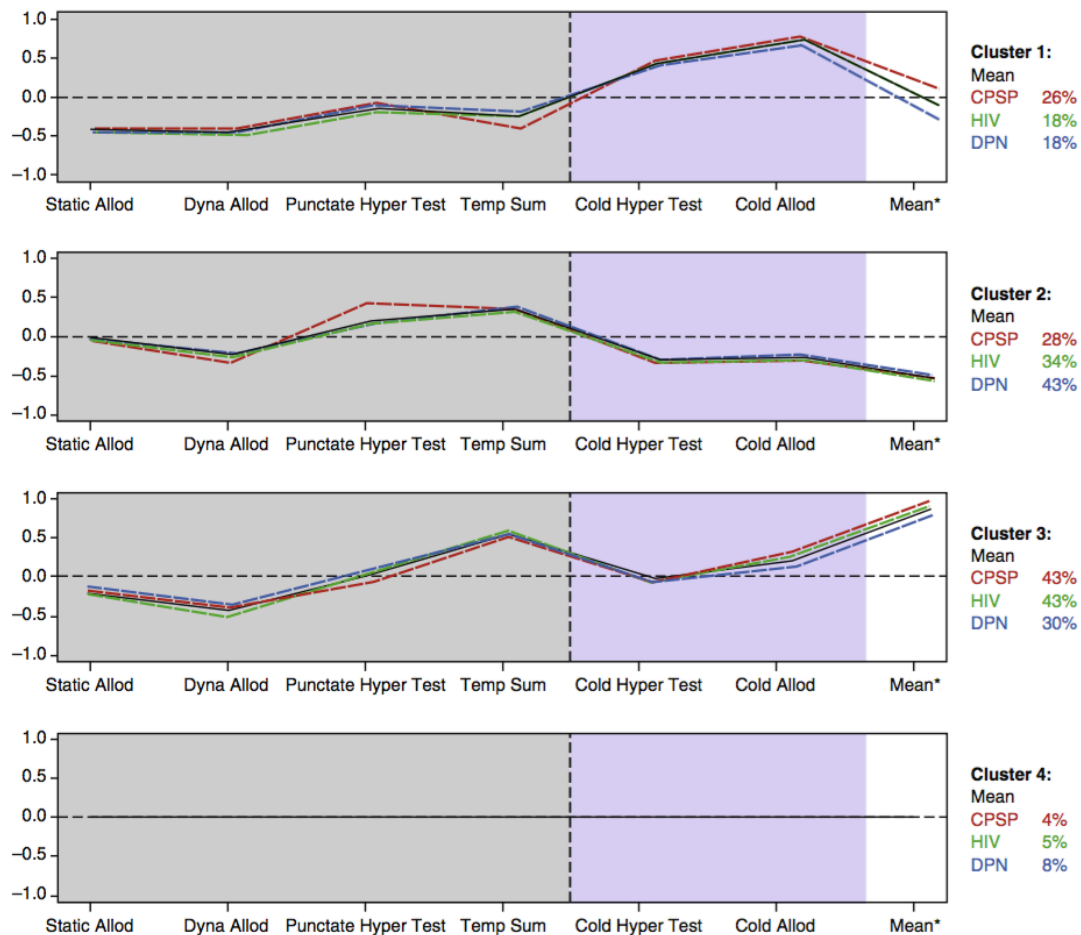


Fig 4.9. Profils somatosensoriels obtenus après évaluation sensorielle quantitative de 3 syndromes neuropathiques : CPSP, HIV et DPN (Maier 2010).

4.2. Limites

Aujourd'hui, le QST est un outil reconnu (Crucchi et al. 2004 ; Pfau et al. 2012) permettant d'évaluer les changements somatosensoriels chez les patients douloureux, et les effets bénéfiques éventuels d'un traitement. Cependant, il ne permet pas à lui seul la caractérisation complète des changements somatosensoriels chez un sujet.

4.2.1. Limites conceptuelles

Comparé à l'électrophysiologie, qui est une méthode d'évaluation objective, l'évaluation sensorielle quantitative est une méthode semi-objective.

Les résultats aux tests dépendent des compétences de l'évaluateur mais aussi de la façon dont les perturbations sensorielles sont communiquées par le patient, la douleur ayant outre une composante sensorielle, des composantes affectives et motivationnelles.

Caractéristiques	Techniques d'évaluation électrophysiologies	QST
Type d'information obtenue	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation de la fonction des fibres sensorielles de large diamètre (AB) en termes de transmission, de vitesse et d'amplitude du message nerveux, reflétant le statut de la myélinisation et la perte de fibres nerveuses (Cruccu et al. 2004) - Impossibilité d'évaluer les phénomènes positifs - N'évalue pas la fonction des fibres de petit diamètre, ni la voie spinothalamique 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation de la fonction des fibres de petit diamètre (Aδ, C) et de large diamètre (AB). Exclut l'évaluation des fibres larges A-alpha (Haanpaa et al. 2010) - Aucune aptitude à fournir la localisation de la lésion lorsque le test est réalisé sur un seul site - Possibilité de différencier la perte sensorielle (déficit, phénomène sensoriel négatif) et le gain sensoriel (hyperalgésie, phénomène positif)
Type participation du sujet à l'étude	<ul style="list-style-type: none"> - Ne requiert aucune réponse du sujet - Ne nécessite aucune coopération active 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiert une réponse du sujet - Influence de l'attention, de la fatigue, de la motivation, des détériorations cognitives chez le patient malade nécessitant une courte évaluation et l'application de stimuli nuls avant de réaliser l'évaluation sensorielle
Besoins pour la réalisation de l'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Formation des cliniciens mais non nécessaire pour les sujets 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation des cliniciens et des sujets avant de réaliser le test
Données référence	<ul style="list-style-type: none"> - Données de référence disponibles pour la plupart des laboratoires d'électrophysiologie 	<ul style="list-style-type: none"> - Données de références publiées pour certaines zones du corps (pied, main, visage) chez les sujets de 18 à 65 ans et de moins de 18 ans. Certains laboratoires ont publié leurs propres normes pour leurs recherches futures.

Fig. 4.10. Différences entre le QST et les techniques conventionnelles d'électrophysiologie (Backonja et al. 2013 modifié)

Ces limites sont cependant communes à de nombreux examens cliniques acceptés de nos jours : évaluation de la puissance musculaire, tests auditifs, tests d'acuité visuelle, tests de sensibilité pulpaire clinique et même certains signes cliniques dits « objectifs » tels que l'évaluation des réflexes tendineux.

La mise en évidence d'un profil sensoriel par QST peut évoquer une neuropathie, mais ne peut affirmer le diagnostic. En effet, les résultats peuvent être biaisés en cas de simulation de la part du sujet, ou de l'implication de facteurs non-organiques, tels que des troubles psychologiques (Pfau et al. 2012 ; Siao P 2003). Cette procédure est donc recommandée comme un complément afin de cartographier la zone d'intérêt en cas d'évaluation sensorielle standard au fauteuil (Hansson et al. 2007).

Enfin, la réalisation d'un profil sensoriel complet pour un site donné dure environ une demi-heure (27 +/- 2.3 minutes) lorsque celle-ci est réalisée selon un protocole standardisé et reproductible comme présenté par le DFNS (Rolke et al. 2006).

4.2.2. Limites propres au patient

Etant donné que le QST nécessite la coopération du patient, ce protocole présente donc une valeur limitée chez les patients atteints de troubles du langage, de déficits moteurs, de dysfonctionnements auditifs et cognitifs. Il est donc inutile d'évaluer les enfants de moins de 6 ans, les patients présentant des troubles mentaux sévères ou les patients atteints de troubles psychotiques. L'extension de l'évaluation sensorielle quantitative à ces catégories de patients nécessiterait une adaptation des protocoles en vigueur, prenant en compte leurs particularités cognitives (Dyck PJ 1998).

L'âge et le temps de réaction peuvent être des facteurs confondants concernant la reproductibilité des évaluations : par exemple, un adolescent n'aura pas le même comportement de défense (réactivité) qu'une personne âgée face à un stimuli douloureux, leur motricité étant différente (Svensson et al. 2011). Lors de la collecte des données de références par le DFNS, les éventuels biais liés à l'âge des sujets évalués n'ont pas été pris en compte. Certains auteurs ont ainsi proposé de développer des algorithmes afin de trier les patients par décennie (Magerl et al. 2010).

Le DFNS a fait des efforts pour fournir la traduction contrôlée des instructions aux tests dans de multiples langues afin d'éviter les biais culturels.

Le QST doit être réalisé dans une pièce calme, à température ambiante, en présence de l'évaluateur et du patient seulement : toute distraction lors de la réalisation du protocole d'évaluation serait susceptible d'entraîner un biais (Pfau et al. 2012).

Concernant l'application des stimuli : un contact appliqué sur une surface poilue et une surface glabre ne sera pas perçu de la même manière. Au niveau des poils et des cheveux se trouvent des mécanorécepteurs absents au niveau des zones glabres (Yarnitsky et Pud 1997).

De ce fait, des facteurs supplémentaires pouvant influencer les fonctions somatosensorielles, tels que le rasage de la peau, doivent être pris en compte, pour permettre la comparabilité des résultats d'évaluation sensorielle de façon intra-individuelle et inter-individuelle au cours du temps (Pfau et al. 2012).

4.2.3. Limites propres à l'examineur

L'information recueillie lors de l'évaluation sensorielle quantitative doit être interprétée de façon adéquate par un examinateur compétent et entraîné. Sans cela, la reproductibilité inter-examineur et la comparabilité des résultats entre les différentes études est impossible (Rolke et al. 2006 ; Pfau et al. 2012).

Afin de s'affranchir de ces différentes limites, il serait judicieux de combiner les découvertes suite à l'évaluation somatosensorielle fournie par le QST avec d'autres techniques d'évaluation fonctionnelle (imagerie fonctionnelle, électrophysiologie), structurelle (biopsie, études d'imagerie) et les données thérapeutiques obtenues à la suite d'évaluations multiples (Pfau et al. 2012).

5 APPORT DU QST A LA THERAPEUTIQUE

Actuellement, la prise en charge pharmacologique des syndromes neuropathiques reste insuffisante : les traitements administrés en première intention, essentiellement des antidépresseurs et antiépileptiques, sont bénéfiques pour moins d'un patient sur deux (Bouhassira et Attal 2016). Pour un même syndrome, la voie sensorielle affectée peut différer d'un sujet à l'autre (Maier et al. 2010).

5.1. Essais thérapeutiques avec l'investigation sélective de paramètres d'évaluation sensorielle

- **Antidépresseurs**

En 2005, un essai contrôlé randomisé en double aveugle dont le but fut d'évaluer l'efficacité de la **venlafaxine** (inhibiteur de la recapture de la sérotonine et de la noradrénaline (IRSNa)) en comparaison à un placebo a été conduit chez des patients sujets à des douleurs neuropathiques (Yucel et al. 2005). Une évaluation quantitative sensorielle a été réalisée avant et après traitement, en s'intéressant aux phénomènes suivants : hyperalgésie après stimulation à l'aiguille, allodynie, évaluation des seuils de détection et de douleur aux stimuli à l'aiguille et au chaud, évaluation de la sommation temporelle par la stimulation répétée au chaud et électrique. La douleur a été mesurée à l'aide d'une EVA graduée de 0 à 10. Après administration sur huit semaines de 75 ou 150mg de venlafaxine par jour, une augmentation des seuils de douleur au chaud et électriques a pu être observée. Par ailleurs, ces sujets ont présenté une diminution des zones présentant une hyperalgésie après stimulation à l'aiguille, et une allodynie dynamique. Cependant, le score de l'EVA n'a pas diminué de façon significative en comparaison au placebo chez ces patients, ce qui suggère que la venlafaxine n'a pas eu l'effet attendu sur l'ensemble des voies responsables de la douleur.

Par conséquent, l'évaluation quantitative sensorielle permet une analyse plus fine des effets consécutifs aux traitements administrés en mesurant les variations neuropathiques autres que la douleur.

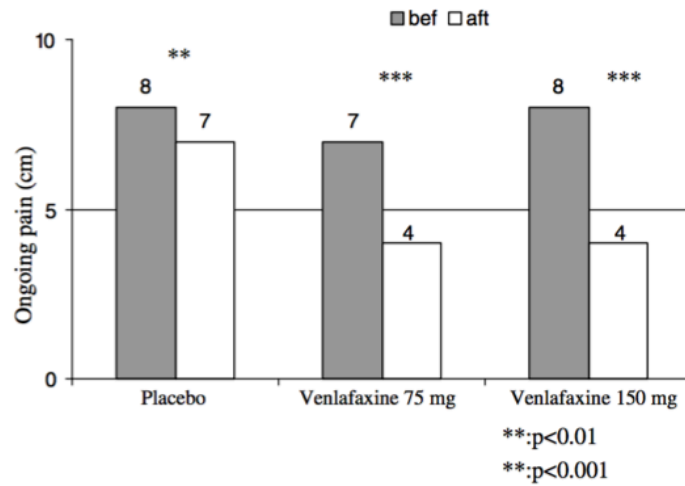


Fig 5.1. Valeurs moyennes sur l'échelle visuelle analogique avant traitement (noir) et après traitement (en blanc) (Yucel et al. 2005).

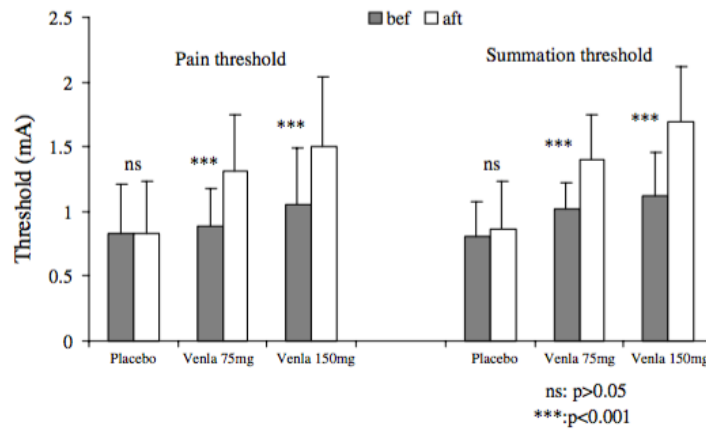


Fig 5.2. Seuils de douleur après stimulation électrique unique ou répétée avant (en noir) et après traitement (en blanc) (Yucel et al. 2005).

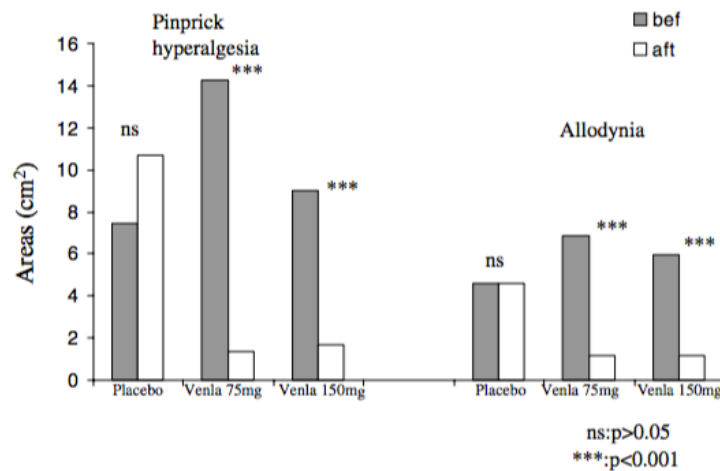


Fig 5.3. Zones douloureuses exprimées en cm^2 après stimulation à l'aiguille et évaluation de l'allodynie avant traitement (en noir) et après traitement (en blanc) (Yucel et al. 2005).

- **Antiépileptiques**

En 2001, une étude contrôlée randomisée en double aveugle a évalué l'efficacité de la lamotrigine versus placebo dans le traitement des douleurs suivant les lésions de la moelle épinière (Finnerup et al. 2002). Les auteurs se sont intéressés aux résultats d'une évaluation quantitative sensorielle réalisée à l'état initial puis après chaque traitement dans chacun des groupes, et au succès du traitement en cas de réduction de la douleur ressentie supérieure ou égale à 2 sur une échelle d'évaluation numérique de Likert (EN) de 0 à 10. Les résultats indiquent une efficacité supérieure de la lamotrigine pour les patients allodyniques et avec perturbation de la sommation temporelle (scores des tests DMA et WUR élevés initialement).

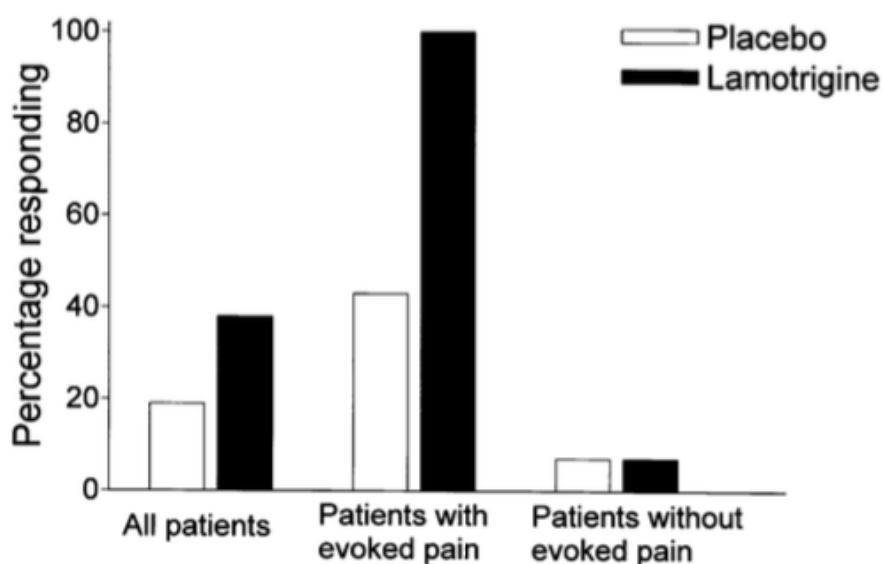


Fig 5.5. Pourcentage de patients répondeurs au traitement (réduction de la douleur supérieure ou égale à 2 sur une échelle numérique de 0 à 10) au placebo et la lamotrigine pour l'ensemble des patients, les patients avec douleur évoquée ou les patients sans douleur évoquée (Finnerup et al. 2002).

Simpson et al. 2010 ont évalué les effets de la prégabaline dans une étude multicentrique randomisée en double aveugle vs placebo, chez les sujets séropositifs souffrant de douleurs neuropathiques (Simpson et al. 2010). Une évaluation quantitative sensorielle a été réalisée avant administration du traitement par prégabaline ou placebo et la douleur a été mesurée sur une échelle numérique (0-10) pour 302 patients. L'évaluation sensorielle a montré que les sujets avec une sensibilité importante aux stimuli par contact à l'aiguille (score supérieur ou égal à 8 sur une échelle numérique de 0 à 10) étaient de meilleurs répondeurs à la prégabaline (2.14 points de mieux que le placebo).

- **Lidocaïne**

Wasner et al. 2005 ont évalué l'efficacité de patchs de lidocaïne appliqués sur la zone de douleur maximale chez des patients atteints de névralgie post-herpétique. 18 patients présentant des signes d'allodynie dynamique et des sensations de brûlure, dont la douleur a été évaluée à 40 millimètres ou plus sur une échelle visuelle analogique (EVA) de 0 à 100 millimètres ont été inclus dans cette étude. Ces patients ont été classés dans deux groupes, après évaluation quantitative sensorielle et biopsies, selon leur phénotype dominant au niveau des nocicepteurs périphériques : préservation ou dégénérescence des nocicepteurs périphériques. Après biopsie et évaluation sensorielle quantitative, 6 patients avaient une préservation de leurs fibres sensorielles périphériques de petit diamètre, tandis que 12 patients avaient une dégénérescence de ces fibres (perte de fonction). Suite à l'administration de lidocaïne, les patients présentant une dégénérescence au niveau des nocicepteurs périphériques ont présenté une réduction de la douleur supérieure à celle des patients dont les nocicepteurs périphériques étaient préservés. Ces résultats suggèrent que la lidocaïne aurait un effet en cas de douleur faisant suite aux phénomènes de sensibilisation centrale maintenus en périphérie.

	Lidocaïne	Placebo	p-value
Entire group of patients (n=18)			
Ongoing pain			
Baseline	63.1 ± 19.1	64.1 ± 22.9	n. s.
Treatment	48.6 ± 32.1	58.6 ± 27.4	< 0.05
p-value	< 0.01	< 0.01	
Mechanical allodynia			
Baseline	59.5 ± 20.5	63.0 ± 23.4	n. s.
Treatment	47.0 ± 28.1	56.8 ± 27.7	< 0.05
p-value	< 0.01	< 0.01	
Patients with preserved/sensitised nociceptors (group I, n=6)			
Ongoing pain			
Baseline	66.4 ± 19.3	65.6 ± 23.5	n. s.
Treatment	60.2 ± 24.3	62.7 ± 25.9	n. s.
p-value	n. s.	n. s.	
Mechanical allodynia			
Baseline	70.4 ± 14.0	68.0 ± 18.2	n. s.
Treatment	63.9 ± 18.1	62.7 ± 22.9	n. s.
p-value	n. s.	n. s.	
Patients with degenerated nociceptors (group II, n=12)			
Ongoing pain			
Baseline	61.4 ± 19.6	63.1 ± 24.1	n. s.
Treatment	42.3 ± 35.4	56.8 ± 28.9	< 0.05
p-value	P < 0.05	p < 0.05	
Mechanical allodynia			
Baseline	54.0 ± 21.5	60.5 ± 25.9	n. s.
Treatment	38.5 ± 29.0	53.8 ± 30.5	< 0.05
p-value	< 0.01	< 0.01	

Fig 5.6. Effet de la lidocaïne évalué à l'aide d'une échelle visuelle analogique sur la douleur ressentie et l'allodynie dynamique pour l'ensemble des patients et dans les sous-groupes avec préservation des nocicepteurs périphériques et dégénération des nocicepteurs périphériques (Wasner et al. 2005).

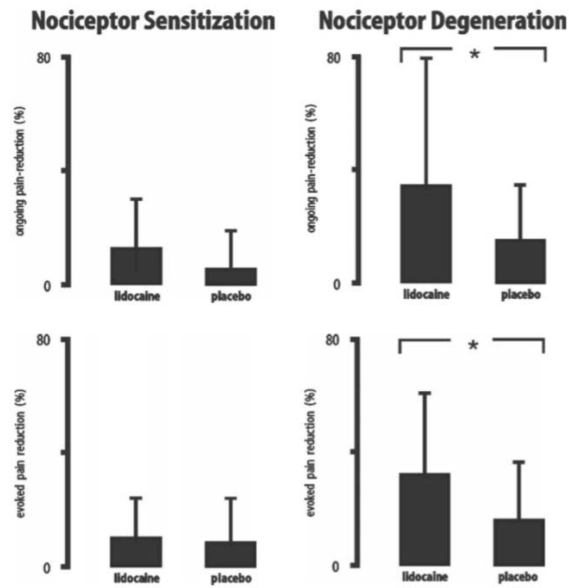


Fig 5.7. Pourcentage de réduction de la douleur et de l'allodynie dynamique après traitement par lidocaïne et placebo chez les sujets avec une fonction des nocicepteurs périphériques préservés et ceux avec une dégénérescence des nocicepteurs périphériques (Wasner et al. 2005).

- **Opiïdes**

Raja et al. 2010 ont évalué l'efficacité des opioïdes (morphine ou méthadone) par rapport à celle des antidépresseurs. Le seuil de douleur au chaud a été évalué bilatéralement au niveau du site douloureux et du site controlatéral, avant l'administration d'un traitement (Raja et al. 2002). La probabilité d'observer une réduction de la douleur supérieure ou égale à 30% est plus importante suite à l'administration d'**opioïdes** chez les sujets présentant un profil sensoriel pour lequel le seuil de douleur au chaud (HPT) était initialement élevé (Edwards et al. 2006).

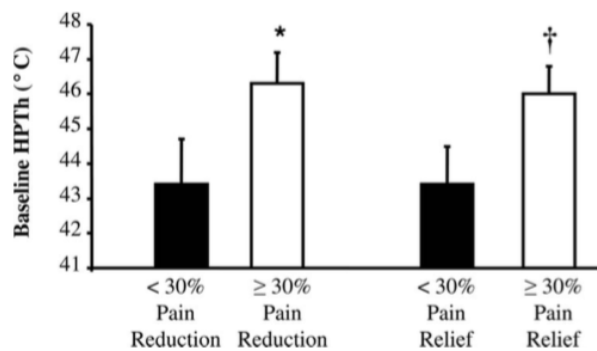


Fig 5.8. Valeur initiale moyenne du seuil de douleur au chaud en fonction du ressenti de la douleur après administration d'un traitement Opiïde (Edwards et al. 2006).

- **Traitement dopaminergique**

L'évaluation quantitative sensorielle, réalisée à l'état initial, de la sensibilité mécanique de patients atteints du syndrome « des jambes sans repos » (Restless Legs Syndrome), a permis de mettre en évidence une hyperalgésie mécanique statique après stimulation à l'aiguille activant les fibres A δ , réalisée au niveau du dos de la main et du pied. Aucune douleur n'a été reportée lors de l'évaluation de l'allodynie dynamique..

Après administration d'un traitement dopaminergique adapté sur le long terme, l'évaluation quantitative sensorielle a mis en avant une diminution de l'hyperalgésie mécanique statique. Cela suppose, chez ces patients, la présence d'une altération des voies supraspinales liées aux fibres A δ , impliquant les ganglions de la base et/ou les voies dopaminergiques descendantes inhibitrices (Stiasny Kolster et al. 2004).

- **Toxine botulique**

Une essai clinique contrôlé randomisé en double aveugle multicentrique comparant les effets de la toxine botulique à un placebo a été réalisé durant 24 semaines sur 68 patients âgés de 18 à 85 ans atteints de douleur neuropathique périphérique par Attal et al. 2016. Une évaluation quantitative sensorielle a été réalisée avant traitement, à 12 semaines et à 24 semaines. De façon générale, la toxine botulique a permis une diminution de l'intensité de la douleur supérieure au placebo sur 24 semaines. Cependant, les sujets présentant avant traitement un profil sensoriel avec une allodynie et un déficit thermique limité, avec préservation de la densité fibreuse intra-épidermique observé par biopsie, seraient de meilleurs répondeurs à la toxine botulique. Ces données suggèrent que les effets analgésiques de la toxine botulique de type A sont liés aux mécanismes centraux de transmission de la douleur.

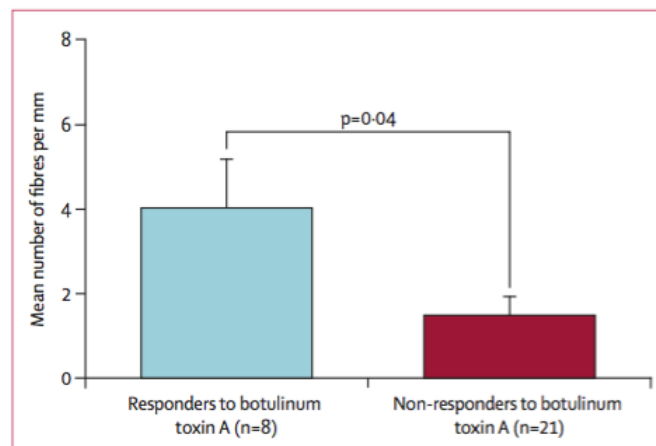


Fig 5.9. Densité fibreuse exprimée en nombre moyen de fibres par mm chez les sujets répondeurs et non répondeurs à la toxine botulique de type A (Attal et al. 2016).

- Capsaïcine

Mainka et al. 2016 ont évalué les effets analgésiques de patches de capsaïcine 8%, appliqués pendant 1 heure sur une zone douloureuse, chez les patients atteints de douleur neuropathique périphérique (Mainka et al. 2016).

Pour cela, une évaluation sensorielle quantitative a été conduite chez 20 patients avant traitement, puis à 2, 4, 6 et 8 semaines après traitement. Pour l'ensemble des patients, le seuil de détection au chaud a augmenté 8 semaines après l'application de capsaïcine.

D'après l'évaluation quantitative sensorielle, les répondeurs au traitement ont présenté initialement des z-scores élevés de leurs seuils de douleur au froid et des seuils de douleur mécanique. Ainsi, l'efficacité de la capsaïcine ne serait pas liée à la perte de fonction des fibres de petit diamètre en périphérie. Celle-ci aurait un effet sur les phénomènes de sensibilisation centrale, cependant le mécanisme exact reste méconnu. La présence initiale d'une hyperalgésie au froid et au contact permettrait de prédire l'efficacité de la capsaïcine (8%) en cas de douleur neuropathique périphérique.

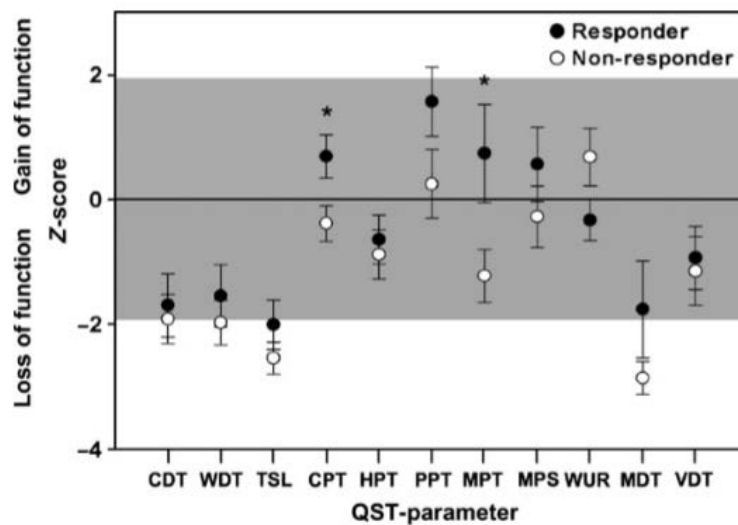


Fig 5.10. Profil sensoriel initial avant application de capsaïcine (8%) pour les patients répondeurs au traitement (en noir) et les non-répondeurs (en blanc). Un z-score élevé peut être observé pour les tests CPT et PPT avant traitement chez les sujets répondeurs à la capsaïcine (Mainka et al. 2016).

5.2. Prédiction des thérapeutiques selon le profil sensoriel complet du patient

D'après une recherche électronique réalisée sur PUBMED en utilisant les termes : « *Quantitative sensory testing* » (ou « *QST* ») et « *Sensory profile* » et « *Treatment* », dans le titre ou le résumé, seulement 7 articles sont référencés. Parmi eux, trois articles ont été éliminés par nos soins car ces derniers n'ont pas mis en avant l'efficacité d'une thérapeutique ou n'ont pas utilisé les paramètres d'évaluation sensorielle comme le DFNS les a présentés.

Quatre publications présentent une évaluation du profil sensoriel de sujets après réalisation du protocole du DFNS et proposent des thérapeutiques ou des hypothèses concernant les traitements envisageables.

Westermann et al. (2012) ont suivi un patient atteint de douleurs neuropathiques après lésion de la moelle épinière en regard du dermatome T8. Des symptômes de type brûlure et piqûre ont été reportés au niveau des dermatomes T9-T11, dans le bas du dos, ainsi qu'au niveau des jambes. L'évaluation quantitative sensorielle réalisée bilatéralement au niveau des dermatomes T9 et T12 a reporté des résultats différents malgré une douleur similaire ressentie des deux côtés, évaluée à 8 sur une échelle de douleur de 0 à 10. En regard du dermatome T9 du côté droit, un profil sensoriel normal (z-scores compris entre -1,96 et 1,96) a pu être mis en évidence. Une biopsie du côté droit a permis de mettre en évidence une diminution de la densité des fibres nerveuses. Du côté gauche, une perte sensorielle importante a pu être reportée, correspondant à la diminution sévère de la densité fibreuse reportée sur la biopsie réalisée du côté gauche. Après administration de prégabaline, l'évaluation de la douleur par le patient a diminué à 2/10 du côté droit, mais n'a pas changé du côté gauche. Ce cas a permis de démontrer que chez un même patient, différents profils sensoriels pouvaient être retrouvés malgré le ressenti d'une douleur identique en différents points, ce qui suggère la présence de deux mécanismes sous-jacents différents. Sans la réalisation du QST, les auteurs auraient conclu à un échec concernant le soulagement de la douleur par la prégabaline, en raison des douleurs persistantes du côté gauche. L'administration de prégabaline pourrait soulager les douleurs neuropathiques dans le cas où les fonctions sensorielles sont préservées. Ce cas nous montre donc que l'évaluation quantitative sensorielle est utile afin de comprendre les mécanismes à l'origine de la douleur et de choisir un traitement efficace (Westermann et al. 2012).

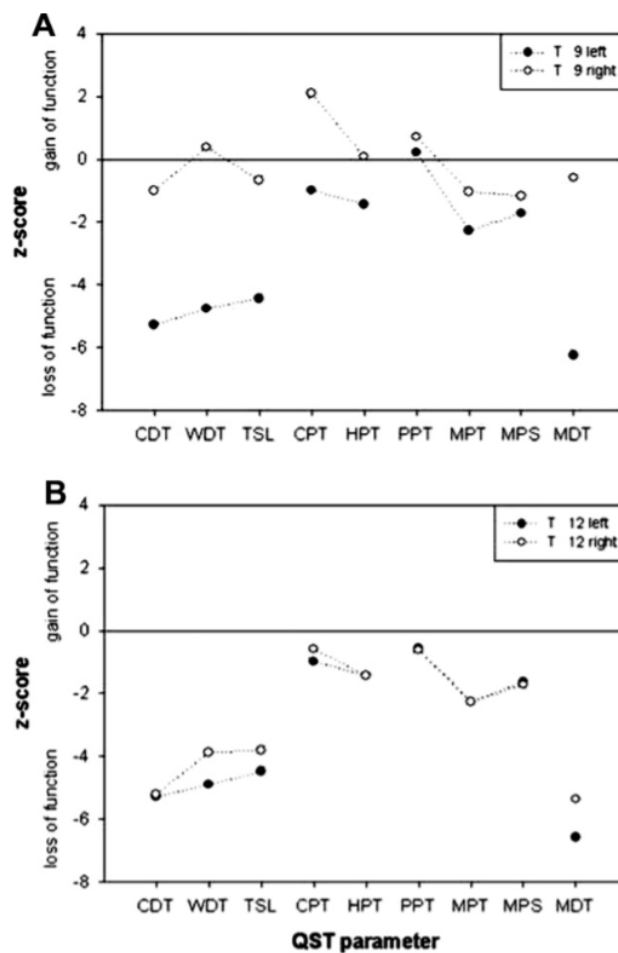


Fig 5.11. Résultats de l'évaluation quantitative sensorielle réalisés au niveau des dermatomes T9 et T12 des côtés droit et gauche (Westermann et al. 2012).

Dans un essai contrôlé randomisé en double aveugle mené durant 12 semaines par Demant et al. 2014, l'effet de l'oxcarbazépine a été comparé à un placebo chez les patients atteints de douleur neuropathique périphérique (Demant et al. 2014). L'objectif de cet essai était de comparer l'effet de l'oxcarbazépine chez les patients avec le phénotype dit de « nocicepteur irritable », défini par une hypersensibilité et une préservation de la fonction des fibres nerveuses de faible diamètre, et les patients avec le phénotype « nocicepteur non irritable » pour lesquels une perte sensorielle est dominante (z-scores inférieurs à -1,96 lors de l'évaluation des fonctions des fibres de faible diamètre). 83 patients ont été suivis et évalués par QST.

La douleur était évaluée sur une échelle numérique de 0 à 10 pour les critères suivants : brûlure, douleur profonde, douleur lancinante, douleur au toucher, douleur à la pression, perturbation

du sommeil, qualité de vie. 16 patients sur 83 ont eu une réduction de la douleur supérieure ou égale à 50% après traitement avec Oxcarbazepine contre 4/83 pour le placebo. Le nombre de sujets à traiter pour obtenir plus de 50% de soulagement de la douleur (NNT) est de 3.9 sujets dans le groupe nocicepteur irritable (29% de ces patients ont eu un soulagement de la douleur supérieur à 50%) contre 13 dans le groupe nocicepteur non irritable. Ainsi, d'après la catégorisation des patients permise par le QST, les patients avec une sensibilité thermique préservée seraient donc plus probablement soulagés par l'oxcarbazépine que ceux présentant à l'origine une perte sensorielle, ce qui suggère l'implication des canaux sodiques dans le phénomène de douleur périphérique en cas de phénotype « nocicepteur irritable ». Cependant, d'autres mécanismes doivent être impliqués chez les patients présentant ce phénotype, le soulagement de la douleur étant modeste d'après cette étude.

Pain category	Oxcarbazepine NRS mean (SD)		Placebo NRS mean (SD)		Treatment effect NRS mean difference (95% CI) ^{b,c}		Interaction treatment and phenotype ^d NRS mean difference (95% CI)	
	Baseline	Change ^a	Baseline	Change ^a	Difference	P-value	Difference	P-value
Total								
IN	6.4 (1.5)	-1.4 (1.7)	6.1 (1.9)	-0.2 (1.6)				
NIN	6.1 (1.8)	-0.7 (1.6)	6.2 (1.7)	-0.1 (1.6)	-0.7 (-1.2 to -0.1)	0.015	-0.7 (-1.4 to -0.01)	0.047
Burning								
IN	4.8 (2.8)	-1.1 (1.8)	4.6 (2.4)	0.1 (1.4)				
NIN	4.0 (3.0)	-0.6 (1.8)	4.0 (3.0)	-0.1 (2.1)	-0.7 (-0.8 to -0.5)	<0.001	-0.1 (-0.4 to 0.1)	0.216*
Deep aching								
IN	5.3 (2.4)	-1.1 (2.4)	5.1 (2.4)	-0.1 (1.8)				
NIN	4.8 (2.9)	-0.4 (1.4)	4.8 (2.7)	0 (1.5)	-0.5 (-0.6 to -0.3)	<0.001	-0.3 (-0.6 to -0.1)	0.003*
Lancinating								
IN	5.0 (2.6)	-1.3 (2.1)	4.6 (2.8)	-0.1 (1.6)				
NIN	4.2 (2.5)	-0.5 (1.8)	4.3 (3.1)	-0.3 (2.1)	-0.3 (-0.5 to -0.2)	<0.001	-0.5 (-0.7 to -0.3)	<0.001*
Touch-evoked								
IN	4.4 (2.6)	-1.2 (2.0)	3.9 (2.7)	0.4 (1.9)				
NIN	3.7 (2.8)	-0.4 (1.9)	3.7 (2.7)	-0.2 (1.3)	-0.2 (-0.3 to -0.1)	0.008	-0.8 (-1.0 to -0.6)	<0.001*
Pressure-evoked								
IN	4.4 (3.2)	-0.9 (1.7)	4.3 (3.2)	-0.1 (1.5)				
NIN	4.6 (2.8)	-0.6 (2.0)	4.5 (2.7)	-0.3 (1.8)	-0.3 (-0.5 to -0.2)	<0.001	-0.4 (-0.6 to -0.1)	0.002*
Sleep disturbance								
IN	4.7 (2.4)	-1.3 (1.5)	4.4 (2.5)	-0.1 (1.8)				
NIN	4.2 (3.0)	-0.5 (1.6)	4.6 (3.1)	-0.4 (1.2)	-0.3 (-0.2 to -0.5)	<0.001	-0.5 (-0.7 to -0.3)	<0.001*
QoL								
IN	5.5 (2.3)	-0.6 (2.5)	5.7 (2.0)	0.1 (2.3)				
NIN	5.3 (1.9)	0.3 (2.3)	5.3 (2.2)	0 (2.4)	0.26 (-0.4 to 0.9)	0.444	-0.83 (-1.7 to 0.1)	0.086**

NRS, numeric rating scale; CI, confidence interval.

^a Change from baseline week to week 6 (end of treatment period).

^b Treatment effect oxcarbazepine versus placebo in total sample. General linear model (GLM) for repeated measures with period as fixed effect and patient as random effect.

^c For the primary outcome (total pain) the change from baseline to week 6 was used in the model, whereas pain ratings from week 1 to 6 were used as dependent variable and baseline pain as co-variate for the other pain measures and sleep disturbance.

^d General linear model for repeated measures with period as fixed effect, interaction treatment and phenotype as a factor, and patient as random effect.

* Bonferroni corrected significance level $P < 0.01$;

** Bonferroni corrected significance level $P < 0.0125$.

Fig 5.12. Moyennes des données recueillies chez 83 patients avant et après traitement par oxcarbazépine et placebo sur une échelle visuelle numérique pour les critères suivants : brûlure, douleur profonde, douleur lancinante, douleur au toucher, douleur à la pression, perturbation du sommeil et qualité de vie (Demant et al. 2014).

Enax-Krumova et al. 2016 ont mené une étude descriptive afin d'évaluer les changements sensoriels retrouvés chez les sujets atteints d'un syndrome régional complexe douloureux (SRCD) au niveau des mains après un traitement multimodal de 6 mois. Vingt-quatre patients ont été examinés par QST. Dans cette étude, les traitements n'ont pas été standardisés. Chaque patient a reçu un traitement personnalisé, selon les symptômes évoqués après décision d'un physicien en charge de l'étude. La douleur ressentie a été mesurée à l'aide d'une échelle numérique d'évaluation de 0 à 10 avant et après traitement. Quelle que soit la thérapie utilisée, celle-ci a été jugée comme étant efficace si le patient dit « répondeur » ressentait un soulagement supérieur ou égal à 30% et une amélioration des fonctions.

Concernant le QST, les patients atteints de SRCD ont tous présenté avant traitement un seuil de douleur à la pression (PPT) plus bas se traduisant par un z-score élevé. Chez les 17 sujets répondeurs au traitement, une augmentation du seuil de douleur à la pression (PPT) a pu être observée (se traduisant par une diminution du z-score). De plus, nous pouvons remarquer que les autres paramètres n'ont que très peu changé avant et après traitement.

Concernant les patients non répondeurs au traitement, une stimulation électrique répétée du nerf médian au niveau du poignet a mis en évidence réaction des sujets suite aux stimuli (« impaired paired pulse stimulation »), inférieure à celle des patients répondeurs au traitement. Ce phénomène suggère le développement de changements mal adaptatifs au niveau du système nerveux central.

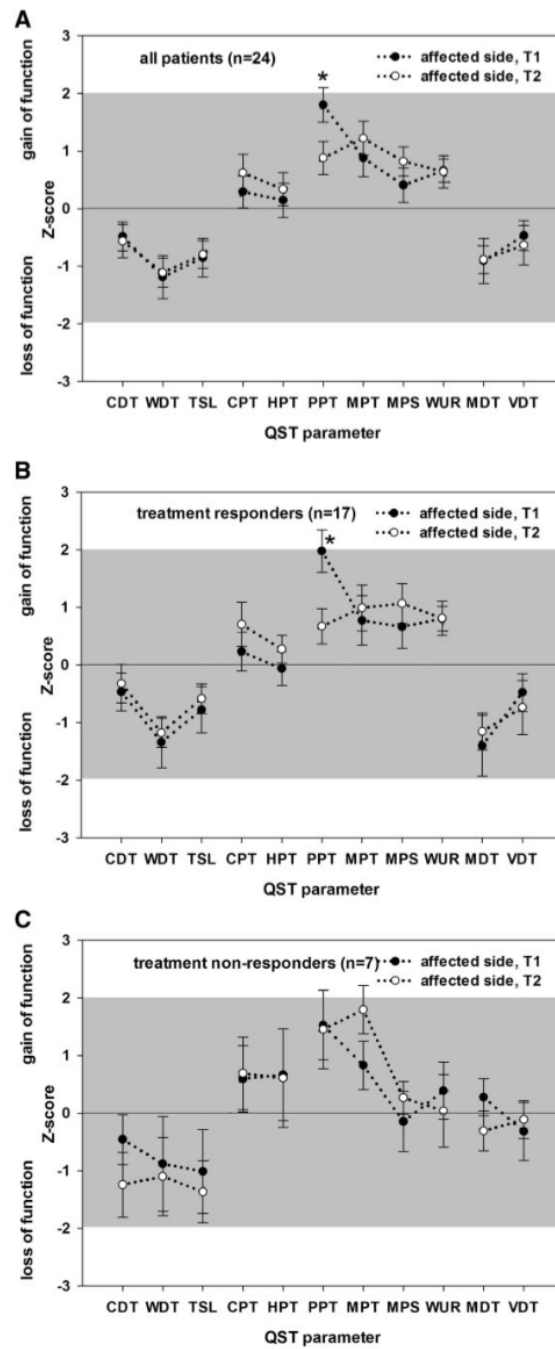


Fig 5.13. Profils sensoriels au niveau du site affecté pour tous les patients (A), les répondeurs (B) et les non répondeurs au traitement multimodal (C), avant (T1) et après traitement (T2) (Enax-Krumova et al. 2016).

Baron et al. 2016 ont cherché à identifier différents sous-groupes à partir des bases de données de 3 réseaux de recherche (DFNS, consortium IMI-Europain et Neuropain) (Baron et al. 2016). Le protocole de QST du DFNS a été réalisé chez 902 patients souffrant de **douleur neuropathique périphérique** de différentes étiologies : polyneuropathie, lésion nerveuse périphérique, névralgie post-herpétique et radiculopathie.

Pour la première fois, trois sous-groupes différents présentant chacun un profil sensoriel caractéristique ont été mis en évidence, et rattachés à des propositions de traitement.

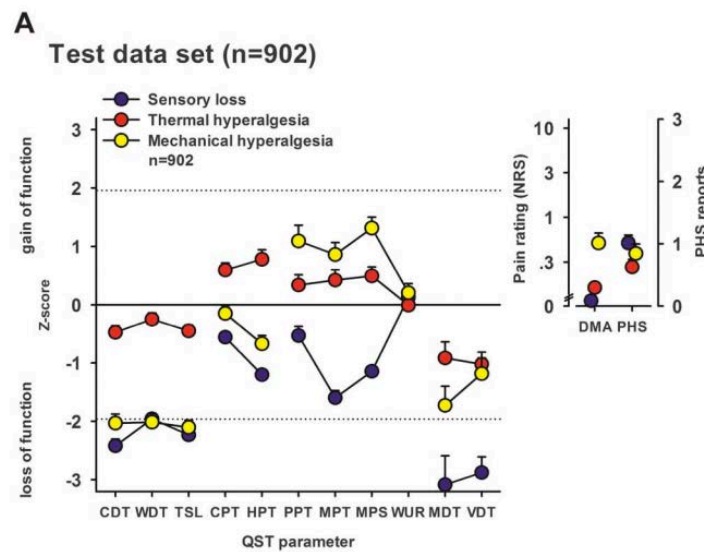


Fig 5.14. Profils sensoriels des trois sous-groupes mis en avant par Baron et ses associés : « Perte sensorielle » (en bleu), « Hyperalgésie thermique » (en rouge) et « Hyperalgésie mécanique » (en jaune) (Baron et al. 2016).

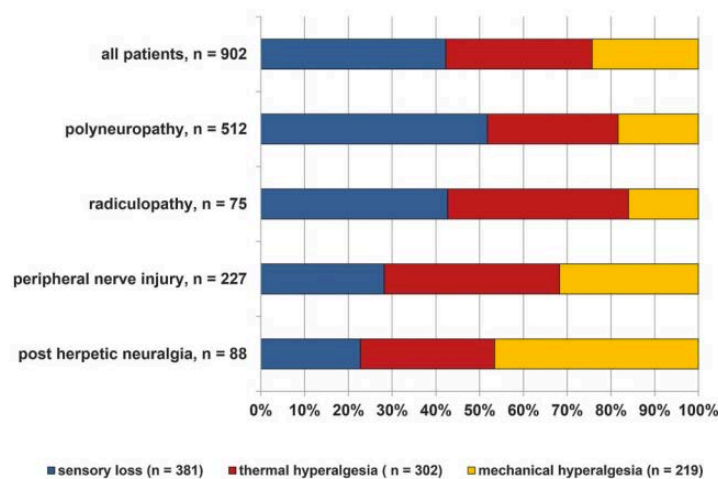


Fig. 5.15. Répartition des différents profils sensoriels au sein de chaque sous-groupe de patients. Nous pouvons constater la présence de chacun des sous-groupes pour chacune des étiologies de douleur neuropathique investiguées (Baron et al. 2016).

- **Sous-groupe n°1 : Déficit sensoriel (42% des patients examinés)**

Ce sous-groupe est caractérisé par une perte de fonction des fibres de petit et grand diamètre, ainsi que la présence de sensations paradoxales de chaleur.

Environ 52% des patients atteints de polyneuropathie se retrouvent dans ce sous-groupe, présentant une dégénérescence de la quasi-totalité de leurs fibres nerveuses.

La présence des sensations paradoxales de chaleur étant fréquente dans ce sous-groupe, cela suggère que ce phénomène est lié à un processus central de désinhibition. De plus, les douleurs spontanées peuvent être liées à des potentiels d'action ectopiques générés au niveau de sites proximaux aux nocicepteurs lésés (ganglion de la racine dorsale, ou nocicepteurs centraux)

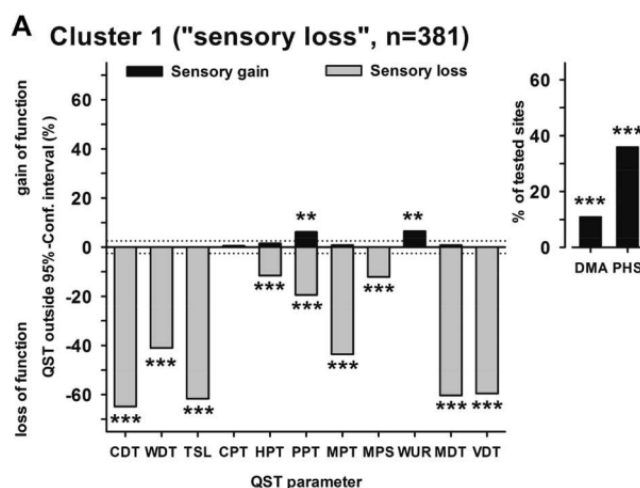


Fig 5.16. Profil sensoriel du sous-groupe n°1 : « Déficit sensoriel » (Baron et al. 2016).

D'après une analyse rétrospective menée chez des patients atteints de névralgie post-herpétique, les patients présentant des similarités avec ce profil sensoriel seraient de bons réponders aux **opioïdes oraux** tels que la morphine ou la méthadone (Edwards et al. 2006).

D'autre part, un essai prospectif randomisé contrôlé par placebo avec de l'oxcarbazépine chez des patients atteints de neuropathie périphérique douloureuse a démontré une efficacité plus faible en comparaison aux opioïdes oraux (Demant et al. 2014).

- **Sous-groupe n°2 : Hyperalgésie thermique (33% des patients examinés)**

Ce sous-groupe présente une fonction sensorielle préservée pour les fibres de petit et de grand diamètre, une hyperalgésie au chaud et au froid ainsi qu'une allodynie dynamique faiblement marquée.

Ce profil sensoriel est probablement le résultat d'un phénomène de sensibilisation périphérique. Lorsque les nocicepteurs sont sensibilisés, il se produit une surexpression des canaux ioniques et des récepteurs causant des décharges spontanées, et une diminution des seuils relatifs aux stimuli thermiques et mécaniques. L'activité spontanée des nocicepteurs peut entraîner un phénomène de sensibilisation centrale au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière : ainsi, les stimuli médiés par les fibres A peuvent activer les nocicepteurs centraux. Par conséquent, les stimuli mécaniques deviennent rapidement douloureux.

La sensibilisation périphérique n'entraîne pas toujours une sensibilisation centrale, l'hyperalgésie mécanique étant présente chez seulement 20% des patients.

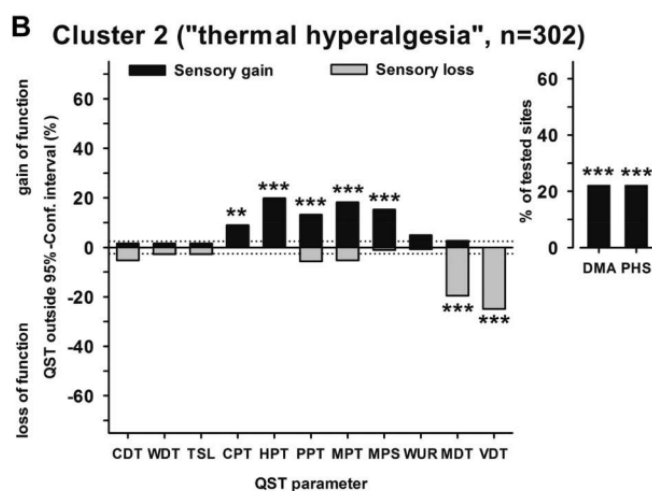


Fig 5.17. Profil sensoriel du sous-groupe n°2 : « Hyperalgésie thermique » (Baron et al. 2016).

Des études ont mis en avant l'efficacité de certaines molécules pour les patients atteints d'hyperalgésie thermique : ainsi, ces sujets seraient de bons répondeurs à l'**oxcarbazepine** (Demant et al. 2014), l'injection de **toxine botulique** (Attal et al. 2016) et l'application de patches de **capsaïcine** (Mainka et al. 2016). D'autre part, la **lidocaïne** topique a montré une efficacité plus faible chez ce type de patients (Wasner et al. 2005 ; Krumova et al. 2012).

- **Sous-groupe n°3 : Hyperalgésie mécanique (24% des patients examinés)**

Dans ce sous-groupe se trouvent les patients présentant une perte de fonction des fibres de petit diamètre responsables des sensations au chaud et au froid, avec une hyperalgésie à la pression et aux stimuli à l'aiguille. De plus, ces patients présentent le plus souvent une allodynie dynamique. Chez ces patients, nous pouvons suspecter une activité spontanée du système nociceptif débutant soit au niveau périphérique soit au niveau central du système nerveux.

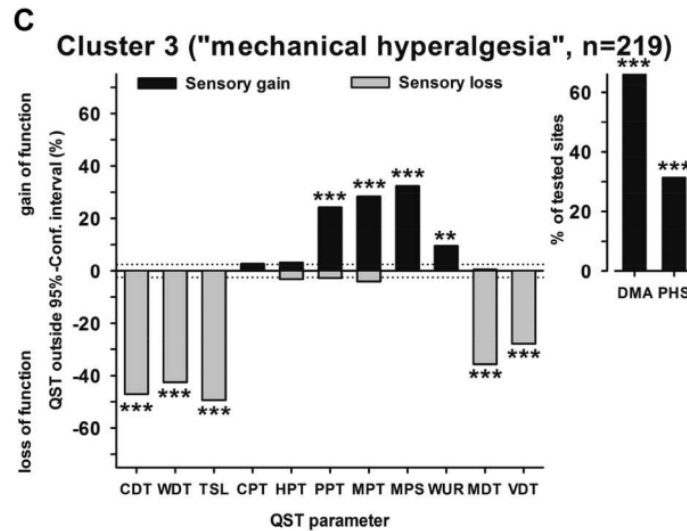


Fig 5.18. Profil sensoriel du sous-groupe n°3 : « Hyperalgésie mécanique » (Baron et al. 2016).

Plusieurs essais contrôlés randomisés ont mis en avant l'efficacité, chez les patients ayant un profil sensoriel similaire, de la **prégabaline orale** (Simpson et al. 2010), la **lidocaïne topique** (Wasner et al. 2005) ou **intraveineuse** (Attal 2004), et de la **lamotrigine** (Finnerup et al. 2002).

	Sous-groupe n°1 « Perte sensorielle »	Sous-groupe n°2 « Hyperalgésie thermique »	Sous-groupe n°3 « Hyperalgésie mécanique »
Phénomène observé			
Perte sensorielle	Tactile, thermique	Aucune perte sensorielle	Essentiellement thermique
Hyperalgésie	Aucune hyperalgésie	Surtout au chaud et au froid	Surtout à la pression et à l'aiguille
Allodynie dynamique	Parfois	Parfois	Souvent
Sensation paradoxale de chaleur	Souvent	Parfois	Parfois
Pathophysiologie			
Perte sensorielle	Fibres de petit et grand diamètre	-	Surtout les fibres fines
Hyperalgésie	-	Due essentiellement à une sensibilisation périphérique	Due essentiellement à une sensibilisation centrale
Cause de la douleur	Activité ectopique au niveau des nocicepteurs endommagés ou des neurones du SNC / Désinhibition centrale	Activité spontanée des nocicepteurs non détruits	Activité des nocicepteurs
Efficacité thérapeutique attendue			
Anti-inflammatoires non stéroïdiens	-	(+)	-
Botox		+	
Capsaïcine topique		+	
Antagoniste NMDA			+
Antidépresseur	++	+	+
Gabapentinoïdes	+	+	++ (Prégabaline orale)
Inhibiteurs des canaux sodiques	+	++ (Lidocaïne - Oxcarbazepine)	++ (Lidocaïne - Lamotrigine)
Opiïdes	++ (Morphine ou Méthadone)	+	+

Fig 5.20. Caractéristiques propres à chaque sous-groupe, hypothèses concernant les mécanismes pathophysiologiques sous-jacents et traitement recommandé (Baron et al. 2016 modifié).

6 CONCLUSION

Depuis leur apparition au XIXe siècle, les dispositifs et techniques d'évaluation des voies somatosensorielles n'ont cessé d'évoluer (Hansson 2006) (Annexe 1). Initialement imposants, peu spécifiques et évaluant seulement les composantes qualitatives des sensations, leur développement permet aujourd'hui une utilisation plus aisée par le clinicien. Désormais, l'analyse fine et individuelle des différentes catégories de fibres nerveuses est possible par l'application, par des praticiens expérimentés, de protocoles bien définis et compréhensibles par le patient (Rolke et al. 2006).

Malgré l'intérêt porté à l'étude des douleurs neuropathiques, de nombreux essais cliniques ont échoué à mettre en évidence l'efficacité des thérapeutiques utilisées. Cependant, les résultats des publications précédemment citées suggèreraient de mener à l'avenir les études d'une toute autre manière. En effet, il serait plus probable que l'inefficacité d'un traitement soit liée à un défaut de classification des patients, qu'à un défaut inhérent au traitement. Ainsi, les patients devraient désormais être classés selon leur profil sensoriel, et non en fonction de l'étiologie de leur pathologie. Par conséquent, il serait judicieux lors de l'admission en milieu hospitalier de patients douloureux chroniques, de réaliser au préalable une évaluation quantitative sensorielle afin de dresser un profil et guider le choix thérapeutique de façon personnalisée.

Au-delà de la standardisation du protocole d'évaluation quantitative sensorielle mis en place par le DFNS, l'uniformisation de certains paramètres supplémentaires serait nécessaire afin de limiter les biais entre les études. Par exemple, un consensus devrait être établi concernant la durée d'administration d'un traitement pour chaque classe thérapeutique, afin de limiter les biais de comparaison liés aux paramètres pharmacocinétiques et pharmacodynamiques propres à chaque molécule.

Enfin, il serait nécessaire de définir des standards concernant les critères de jugement de l'efficacité analgésique d'une thérapeutique. L'efficacité d'un traitement a souvent été acceptée en évaluant le pourcentage de diminution de la douleur, reflet d'une amélioration de la condition du patient en se basant sur les résultats obtenus avant et après traitement à l'aide d'échelles d'évaluation de la douleur. Certains auteurs ont jugé une thérapeutique comme étant efficace si la douleur a diminué de 30% ou plus après traitement (Raja 2002, Mainka 2016, Enax-Krumova 2016) tandis que d'autres ont jugé une thérapeutique efficace en se basant sur une réduction

d'au moins 50% de la douleur (Demant 2014, Attal 2016). D'après Farrar et al., exiger une réduction de la douleur supérieure ou égale à 33% serait plus appropriée, car attendre une réduction de la douleur trop élevée pourrait mener à sous-estimer l'effet d'une thérapeutique (Farrar et al. 2000 ; Dworkin et al. 2003).

7 BIBLIOGRAPHIE

- Aggarwal, V. R., T. V. Macfarlane, et G. J. Macfarlane. Why Is Pain More Common amongst People Living in Areas of Low Socio-Economic Status? A Population-Based Cross-Sectional Study. *British Dental Journal* 2003 ;194(7): 383-387.
- Aggarwal, V. R. The Epidemiology of Chronic Syndromes That Are Frequently Unexplained: Do They Have Common Associated Factors? *International Journal of Epidemiology*. 2005 ;35(2): 468-76.
- Attal, N., J. Rouaud, L. Brasseur, M. Chauvin, et D. Bouhassira. « Systemic Lidocaine in Pain due to Peripheral Nerve Injury and Predictors of Response ». *Neurology* 2004 ;62(2): 218-25.
- Attal, Nadine, Daniel C. de Andrade, Frédéric Adam, Danièle Ranoux, Manoel J. Teixeira, Ricardo Galhardoni, Irina Raicher, Nurcan Üçeyler, Claudia Sommer, et Didier Bouhassira. Safety and Efficacy of Repeated Injections of Botulinum Toxin A in Peripheral Neuropathic Pain (BOTNEP): A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial ». *The Lancet*. 2016 ;15(6): 555-65.
- Baad-Hansen, L., M. Pigg, G. Yang, T. List, P. Svensson, et M. Drangsholt. Reliability of Intra-Oral Quantitative Sensory Testing (QST) in Patients with Atypical Odontalgia and Healthy Controls - a Multicentre Study. *Journal of Oral Rehabilitation* 2015 ;42(2) : 127-35.
- Boucher Y, Pionchon P. Douleurs orofaciales. Paris : CdP, 2006.
- Backonja, Miroslav Misha, Nadine Attal, Ralf Baron, Didier Bouhassira, Mark Drangholt, Peter J. Dyck, Robert R. Edwards, et al. Value of Quantitative Sensory Testing in Neurological and Pain Disorders: NeuPSIG Consensus. *Pain*. 2013;154(9):1807-19.
- Baron, Ralf, Christoph Maier, Nadine Attal, Andreas Binder, Didier Bouhassira, Giorgio Cruccu, Nanna B. Finnerup, et al. Peripheral Neuropathic Pain: A Mechanism-Related Organizing Principle Based on Sensory Profiles. 2017 ;158(2):261-72.
- Bartlett, M. S. The Use of Transformations. *Biometrics* 3, 1941;1: 39.
- Bennett, A. J., D. G. Wastell, G. R. Barker, C. W. Blackburn, et J. P. Rood. « Trigeminal somatosensory evoked potentials: a review of the literature as applicable to oral dysaesthesias ». *International journal of oral and maxillofacial surgery* 16, n° 4 (1987): 408-415.
- Bennett, G. J., et B. J. Sessle. « Basic science issues related to improved diagnoses for chronic orofacial pain. » *Anesthesia progress* 37, n° 2-3 (1990): 108.
- Benoliel, R, N Birman, E Eliav, et Y Sharav. « The International Classification of Headache Disorders: Accurate Diagnosis of Orofacial Pain? » *Cephalalgia* 28, n° 7 (juillet 2008): 752-62.
- Blankenburg, M., H. Boekens, T. Hechler, C. Maier, E. Krumova, A. Scherens, W. Magerl, F. Aksu, et B. Zernikow. « Reference Values for Quantitative Sensory Testing in Children and Adolescents: Developmental and Gender Differences of Somatosensory Perception »: *Pain* 149, n° 1 (avril 2010): 76-88.
- Blumenstiel K, Gerhardt A, Rolke R, et al. Quantitative sensory testing profiles in chronic back pain are distinct from those in fibromyalgia. *Clin J Pain*. 2011; 27:682-90.
- Bouhassira, D., et N. Attal. « Translational Neuropathic Pain Research: A Clinical Perspective ». *Neuroscience* 338 (décembre 2016) : 27-35.
- Craig, A.D. (Bud). « Pain mechanisms : Labeled Lines Versus Convergence in Central Processing ». *Annual Review of Neuroscience* 26, n° 1 (mars 2003) : 1-30.
- Cruccu, G., P. Anand, N. Attal, L. Garcia-Larrea, M. Haanpaa, E. Jorum, J. Serra, et T. S. Jensen. « EFNS Guidelines on Neuropathic Pain Assessment ». *European Journal of Neurology* 11, n° 3 (mars 2004): 153-62.

- Dallel, R. « [Towards a pain treatment based on the identification of the physiopathological mechanisms] ». *Revue Neurologique* 156, n° 10 (octobre 2000) : 831-36.
- Dallel, Radhouane, Luis Villanueva, Alain Woda, et Daniel Voisin. « [Neurobiology of trigeminal pain] ». *Medecine Sciences: M/S* 19, n° 5 (mai 2003): 567-74.
- Demant, Dyveke T., Karen Lund, Jan Vollert, Christoph Maier, Märtha Segerdahl, Nanna B. Finnerup, Troels S. Jensen, et Sren H. Sindrup. « The Effect of Oxcarbazepine in Peripheral Neuropathic Pain Depends on Pain Phenotype: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Phenotype-Stratified Study ». *Pain* 155, n° 11 (novembre 2014): 2263-73.
- Devor, M., P. D. Wall, et N. Catalan. « Systemic Lidocaine Silences Ectopic Neuroma and DRG Discharge without Blocking Nerve Conduction ». *Pain* 48, n° 2 (février 1992): 261-68.
- Donaldson, H. H. On the temperature sense. *Mind* n°10 (1885): 399-416;.
- Drangsholt M., Rei N., Bello V., Furca L., Huggins K.H., M.A. Daliva. Quantitative sensory testing – intraoral instructions : Investigator brochure, A standardized battery of sensory testing for extra and intra-oral use.
- Dworkin, Robert H., Dennis C. Turk, John T. Farrar, Jennifer A. Haythornthwaite, Mark P. Jensen, Nathaniel P. Katz, Robert D. Kerns, et al. « Core Outcome Measures for Chronic Pain Clinical Trials : IMMPACT Recommendations ». *Pain* 113, n° 1 (janvier 2005): 9-19.
- Dyck, Peter James, I. R. Zimmerman, Peter C. O'Brien, Anders Ness, Patrick E. Caskey, Jeannine Karnes, et Wilfred Bushek. « Introduction of automated systems to evaluate touch-pressure, vibration, and thermal cutaneous sensation in man ». *Annals of neurology* 4, n° 6 (1978): 502-510.
- Dyck PJ, Kennedy WR, Kesslerwani H, et al. Limitations of quantitative sensory testing when patients are biased toward a bad outcome. *Neurology*. 1998;50:1213.
- Edwards, Robert R., Jennifer A. Haythornthwaite, Prabhav Tella, Mitchell B. Max, et Srinivasa Raja. « Basal Heat Pain Thresholds Predict Opioid Analgesia in Patients with Postherpetic Neuralgia ». *Anesthesiology* 104, n° 6 (juin 2006): 1243-48.
- Enax-Krumova, Elena K., Melanie Lenz, Jule Frettlöh, Oliver Höffken, Annika Reinersmann, Andreas Schwarzer, Andrea Westermann, Martin Tegenthoff, et Christoph Maier. « Changes of the Sensory Abnormalities and Cortical Excitability in Patients with Complex Regional Pain Syndrome of the Upper Extremity After 6 Months of Multimodal Treatment ». *Pain Medicine* 18, n° 1 (janvier 2017): 95-106.
- Erlanger J, Gasser HS. The action potential in fibers of slow conduction in spinal roots and somatic nerves. *Am J Physiol* 1930;92: 43-82.
- Farrar JT, Portenoy RK, Berlin JA, Kinman JL, Strom BL. Defining the clinically important difference in pain outcome measures. *Pain*. 2000 Dec 1;88(3):287-94.
- Finnerup, Nanna B., Søren H. Sindrup, Flemming W. Bach, Inger Lauge Johannesen, et Troels S. Jensen. « Lamotrigine in spinal cord injury pain: a randomized controlled trial ». *Pain* 96, n° 3 (2002): 375-383.
- Fischer, Andrew A. « Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold ». *Pain* 30, n° 1 (1987): 115-126.
- Freeman, Cassiopeia, et Michael S. Okun. « Origins of the Sensory Examination in Neurology ». *Seminars in Neurology* 22, n° 4 (décembre 2002): 399-408.
- Freeman, Roy, Ralf Baron, Didier Bouhassira, Javier Cabrera, et Birol Emir. « Sensory Profiles of Patients with Neuropathic Pain Based on the Neuropathic Pain Symptoms and Signs ». *Pain* 155, n° 2 (février 2014): 367-76.
- Fruhstorfer, H. « Thermal Sensibility Changes during Ischemic Nerve Block ». *Pain* 20, n° 4 (décembre 1984): 355-61.
- Fruhstorfer, H., U. Lindblom, et W. C. Schmidt. « Method for quantitative estimation of thermal thresholds in patients. » *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 39, n° 11 (1976): 1071-1075.

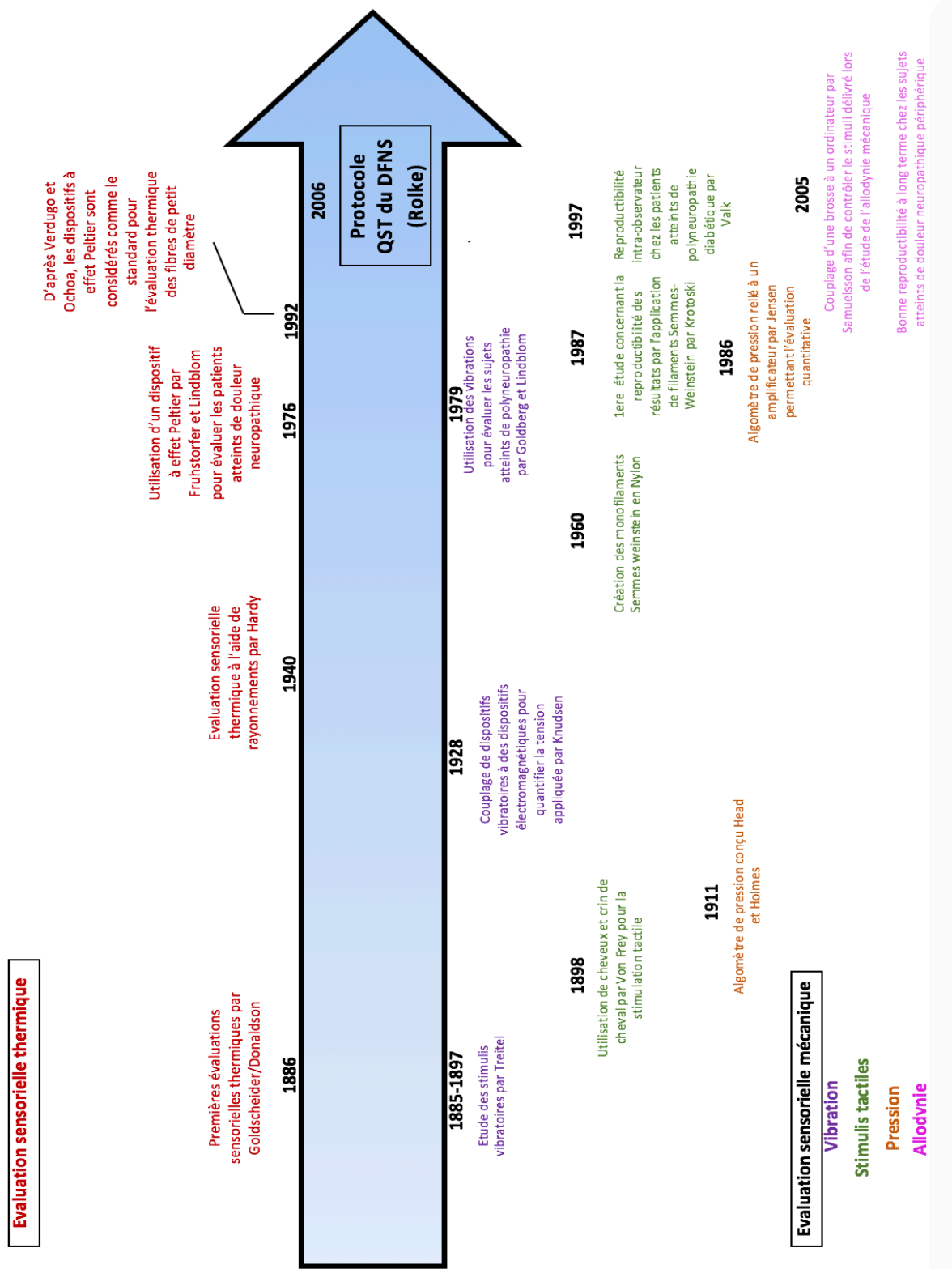
- Fruhstorfer, Heinrich, Wolfgang Gross, et Otto Selbmann. « Von Frey Hairs: New Materials for a New Design ». *European Journal of Pain* 5, n° 3 (juin 2001): 341-42.
- Geber, Christian, Thomas Klein, Shahnaz Azad, Frank Birklein, Janne Gierthmühlen, Volker Hüge, Meike Lauchart, et al. « Test-retest and Interobserver Reliability of Quantitative Sensory Testing according to the Protocol of the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): A Multi-Centre Study ». *Pain* 152, n° 3 (mars 2011): 548-56.
- Goldberg, J. M., et U. Lindblom. « Standardised Method of Determining Vibratory Perception Thresholds for Diagnosis and Screening in Neurological Investigation ». *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 42, n° 9 (septembre 1979): 793-803.
- Goldscheider A. Zur Dualität des Temperatursinns. *Pflügers Arch Ges Physiol.* 1886;39: 96–120.
- Gordon, I. « The sensation of vibration, with special reference to its clinical significance ». *The Journal of neurology and psychopathology* 1, n° 66 (1936): 107–134.
- Green, Barry G. « Thermal perception on lingual and labial skin ». *Attention, Perception, & Psychophysics* 36, n° 3 (1984): 209–220.
- Hagander, L. G., H. A. Midani, M. A. Kuskowski, et G. J. Parry. « Quantitative Sensory Testing: Effect of Site and Skin Temperature on Thermal Thresholds ». *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 111, n° 1 (janvier 2000): 17-22.
- Hansson, P., A. Eklom, U. Lindblom, et P. Marchettini. « Does acute intraoral pain alter cutaneous sensibility? » *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 51, n° 8 (1988): 1032–1036.
- Hansson, Per, Miroslav Backonja, et Didier Bouhassira. « Usefulness and Limitations of Quantitative Sensory Testing: Clinical and Research Application in Neuropathic Pain States ». *Pain* 129, n° 3 (juin 2007): 256-59.
- Hansson, "On the history of QST.pdf", s. d.
- Hardy, J. D., H. G. Wolff, et H. Goodell. « STUDIES ON PAIN. A NEW METHOD FOR MEASURING PAIN THRESHOLD: OBSERVATIONS ON SPATIAL SUMMATION OF PAIN ». *The Journal of Clinical Investigation* 19, n° 4 (juillet 1940): 649-57.
- Hargreaves, Kenneth M. « Orofacial Pain ». *Pain* 152, n° Supplement (mars 2011): S25-32.
- International Association for the Study of Pain, et I. K. Crombie, éd. *Epidemiology of pain: a report of the Task Force on Epidemiology of the International Association for the Study of Pain.* Seattle: IASP Press, 1999.
- Head, H. and Holmes, G. M. Sensory disturbances from cerebral lesions. *Brain*, 34, (1911): 192–254.
- IASP - Part III: Pain Terms, A Current List with Definitions and Notes on Usage" (pp 209-214) *Classification of Chronic Pain, Second Edition, IASP Task Force on Taxonomy*, edited by H. Merskey and N. Bogduk, IASP Press, Seattle, ©1994. – <http://www.iasp-pain.org/files/Content/ContentFolders/Publications2/FreeBooks/Classification-of-Chronic-Pain.pdf>
- Jacobs, Reinhilde, C.-H. Wu, K. Goossens, K. Van Loven, Johan Van Hees, et Daniel Van Steenberghe. « Oral mucosal versus cutaneous sensory testing: a review of the literature ». *Journal of oral rehabilitation* 29, n° 10 (2002): 923–950.
- Jensen, Kai, Henrik Ørbaek Andersen, Jes Olesen, et Ulf Lindblom. « Pressure-pain threshold in human temporal region. Evaluation of a new pressure algometer ». *Pain* 25, n° 3 (1986): 313–323.
- John, Mike T., Linda LeResche, Thomas D. Koepsell, Philippe Hujoel, Diana L. Miglioretti, et Wolfgang Micheelis. « Oral health-related quality of life in Germany ». *European journal of oral sciences* 111, n° 6 (2003): 483–491.
- Kojo, I. and Pertovaara, A. (1987) The effects of stimulus area and adaptation temperature on warm and heat pain thresholds in man. *Int. J. Neurosci.*, 32, 875–880.
- Keele, K. D. « Pain-Sensitivity Tests; the Pressure Algometer ». *Lancet* (London, England) 266, n° 6813 (27 mars 1954): 636-39.

- Knudsen, Vern O. « "Hearing" with the Sense of Touch ». *The Journal of General Psychology* 1, n° 2 (avril 1928): 320-52.
- Kosek, Jan Ekholm, Per Hansson, Eva. « Pressure pain thresholds in different tissues in one body region: the influence of skin sensitivity in pressure algometry ». *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 31, n° 2 (21 avril 1999) : 89-93.
- Krumova, Elena K., Martina Zeller, Andrea Westermann, et Christoph Maier. « Lidocaine Patch (5%) Produces a Selective, but Incomplete Block of A δ and C Fibers » : *Pain* 153, n° 2 (février 2012): 273-80.
- Legrain, Valéry, Gian Domenico Iannetti, Léon Plaghki, et André Mouraux. « The Pain Matrix Reloaded ». *Progress in Neurobiology* 93, n° 1 (janvier 2011): 111-24.
- Lipton, J. A., J. A. Ship, et D. Larach-Robinson. « Estimated Prevalence and Distribution of Reported Orofacial Pain in the United States ». *Journal of the American Dental Association* (1939) 124, n° 10 (octobre 1993) : 115-21.
- MacFarlane, International Association for the Study of Pain, et I. K. Crombie, éd. *Epidemiology of pain : a report of the Task Force on Epidemiology of the International Association for the Study of Pain*. Seattle: IASP Press, 1999.
- Magerl, Walter, Elena K. Krumova, Ralf Baron, Thomas Tölle, Rolf-Detlef Treede, et Christoph Maier. « Reference Data for Quantitative Sensory Testing (QST): Refined Stratification for Age and a Novel Method for Statistical Comparison of Group Data »: *Pain* 151, n° 3 (décembre 2010): 598-605.
- Maier, C., R. Baron, T. R. Tölle, A. Binder, N. Birbaumer, F. Birklein, J. Gierthmühlen, et al. « Quantitative Sensory Testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): Somatosensory Abnormalities in 1236 Patients with Different Neuropathic Pain Syndromes »: *Pain* 150, n° 3 (septembre 2010): 439-50.
- Mainka, T., N. M. Malewicz, R. Baron, E. K. Enax-Krumova, R.-D. Treede, et C. Maier. « Presence of Hyperalgesia Predicts Analgesic Efficacy of Topically Applied Capsaicin 8% in Patients with Peripheral Neuropathic Pain ». *European Journal of Pain* (London, England) 20, n° 1 (janvier 2016): 116-29.
- McMillan, Anne S., May C. M. Wong, Jun Zheng, et Cindy L. K. Lam. « Prevalence of Orofacial Pain and Treatment Seeking in Hong Kong Chinese ». *Journal of Orofacial Pain* 20, n° 3 (2006): 218-25.
- Meyer, R. A., et J. N. Campbell. « Myelinated Nociceptive Afferents Account for the Hyperalgesia That Follows a Burn to the Hand ». *Science* (New York, N.Y.) 213, n° 4515 (25 septembre 1981): 1527-29.
- Mücke, M., H. Cuhls, L. Radbruch, R. Baron, C. Maier, T. Tölle, R.-D. Treede, et R. Rolke. « Quantitative Sensory Testing (QST). English Version ». *Der Schmerz*, 29 janvier 2016.
- Norrrell, Ulf, Stanley Finger, et Clara Lajonchere. « Cutaneous sensory spots and the "law of specific nerve energies": history and development of ideas ». *Brain research bulletin* 48, n° 5 (1999): 457-465.
- Pearson, G. Effect of age on vibratory sensibility., *Archives of Neurology and Psychiatry*, Vol. 20, Chigago, 1928, pp. 482-496.
- Pfau, Doreen B., Christian Geber, Frank Birklein, et Rolf-Detlef Treede. « Quantitative Sensory Testing of Neuropathic Pain Patients: Potential Mechanistic and Therapeutic Implications ». *Current Pain and Headache Reports* 16, n° 3 (juin 2012): 199-206.
- Pigg, Maria, Lene Baad-Hansen, Peter Svensson, Mark Drangsholt, et Thomas List. « Reliability of Intraoral Quantitative Sensory Testing (QST) »: *Pain* 148, n° 2 (février 2010): 220-26.
- Price, Donald D., Gary J. Bennett, et Amir Rafii. « Psychophysical observations on patients with neuropathic pain relieved by a sympathetic block ». *Pain* 36, n° 3 (1989): 273-288.
- Raja, S. N., J. A. Haythornthwaite, M. Pappagallo, M. R. Clark, T. G. Trivison, S. Sabeen, R. M. Royall, et M. B. Max. « Opioids versus Antidepressants in Postherpetic Neuralgia: A Randomized, Placebo-Controlled Trial ». *Neurology* 59, n° 7 (8 octobre 2002): 1015-21.

- Rolke, R., K. Andrews Campbell, W. Magerl, et R.-D. Treede. « Deep Pain Thresholds in the Distal Limbs of Healthy Human Subjects ». *European Journal of Pain* 9, n° 1 (février 2005): 39-48.
- Rolke, R., W. Magerl, K. Andrews Campbell, C. Schalber, S. Caspari, F. Birklein, et R.-D. Treede. « Quantitative Sensory Testing: A Comprehensive Protocol for Clinical Trials ». *European Journal of Pain* 10, n° 1 (janvier 2006): 77-77.
- Rolke, R., R. Baron, C. Maier, T. R. Tölle, - D. R. Treede, A. Beyer, A. Binder, et al. « Quantitative Sensory Testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): Standardized Protocol and Reference Values ». *Pain* 123, n° 3 (août 2006): 231-43.
- Samuelsson, Monika, Ann-Sofie Leffler, Bo Johansson, et Per Hansson. « On the Repeatability of Brush-Evoked Allodynia Using a Novel Semi-Quantitative Method in Patients with Peripheral Neuropathic Pain ». *Pain* 130, n° 1 (juillet 2007): 40-46.
- Semmes J, Weinstein S, Ghent L, Teuber H. Somatosensory changes after penetrating brain wounds in man. Cambridge, 1960, Harvard University Press, pp 4-11, 60, 62.
- Serra, Jordi. « Sensory Profiles: The Cliché and the Challenge ». *Pain* 150, n° 3 (septembre 2010): 384-85.
- Siao P, Cros DP. Quantitative sensory testing. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2003 ;14:261-86.
- Simpson, D. M., G. Schifitto, D. B. Clifford, T. K. Murphy, E. Durso-De Cruz, P. Glue, E. Whalen, et al. « Pregabalin for Painful HIV Neuropathy: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial ». *Neurology* 74, n° 5 (2 février 2010): 413-20.
- Stiasny-Kolster, K. « Static Mechanical Hyperalgesia without Dynamic Tactile Allodynia in Patients with Restless Legs Syndrome ». *Brain* 127, n° 4 (14 janvier 2004) : 773-82.
- Susser, Ehud, Elliot Sprecher, et David Yarnitsky. « Paradoxical heat sensation in healthy subjects: peripherally conducted by Aδ or C fibres? ». *Brain* 122, n° 2 (1999): 239-246.
- Svensson, P., L. Baad-Hansen, M. Pigg, T. List, E. Eliav, D. Ettl, A. Michelotti, et al. « Guidelines and Recommendations for Assessment of Somatosensory Function in Oro-Facial Pain Conditions - a Taskforce Report: Assessment of orofacial somatosensory function ». *Journal of Oral Rehabilitation* 38, n° 5 (mai 2011): 366-94.
- Svensson, Peter, Lene Baad-Hansen, Torben Thygesen, Gitte I. Juhl, et Troels Staehelin Jensen. « Overview on Tools and Methods to Assess Neuropathic Trigeminal Pain ». *Journal of Orofacial Pain* 18, n° 4 (2004): 332-38.
- Swerup, C., et B. Y. Nilsson. « Dependence of Thermal Thresholds in Man on the Rate of Temperature Change ». *Acta Physiologica Scandinavica* 131, n° 4 (décembre 1987): 623-24.
- Thygesen, Torben H., Sven Erik Norholt, John Jensen, et Peter Svensson. « Spatial and temporal assessment of orofacial somatosensory sensitivity : a methodological study. ». *Journal of orofacial pain* 21, n° 1 (2007).
- Treede, Rolf-Detlef, Richard A. Meyer, Srinivasa N. Raja, et James N. Campbell. « Peripheral and central mechanisms of cutaneous hyperalgesia ». *Progress in neurobiology* 38, n° 4 (1992): 397-421.
- Treede RD. Hyperalgesia and allodynia: taxonomy, assessment, and mechanisms. In: Brune K, Handwerker HO, editors. *Hyperalgesia: molecular mechanisms and clinical implications*. Seattle: IASP; 2004.
- Treitel, L., *Über das Vibrationsgefühl der Haut*, *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 29 (1897) 633-640.
- Valk, G. D., J. J. de Sonnaville, W. H. van Houtum, R. J. Heine, J. T. van Eijk, L. M. Bouter, et F. W. Bertelsmann. « The Assessment of Diabetic Polyneuropathy in Daily Clinical Practice: Reproducibility and Validity of Semmes Weinstein Monofilaments Examination and Clinical Neurological Examination ». *Muscle & Nerve* 20, n° 1 (janvier 1997): 116-18.
- Verdugo, Renato, et Jose L. Ochoa. « Quantitative somatosensory thermotest: a key method for functional evaluation of small calibre afferent channels ». *Brain* 115, n° 3 (1992): 893-913.

- Verrillo, Ronald T. « The effect of rise time on vibrotactile thresholds ». *Psychonomic Science* 25, n° 4 (1971): 199–200.
- Von Frey M (1923) Über die Beziehungen zwischen Kitzel-, Berührungs- und Druckempfindung. *Skand Arch Physiol* 43(1): 93–100.
- Wasner, G., A. Kleinert, A. Binder, J. Schattschneider, et R. Baron. « Postherpetic Neuralgia: Topical Lidocaine Is Effective in Nociceptor-deprived Skin ». *Journal of Neurology* 252, n° 6 (juin 2005): 677-86.
- Westermann, Andrea, Elena K. Krumova, Werner Pennekamp, Christoph Horch, Ralf Baron, et Christoph Maier. « Different Underlying Pain Mechanisms despite Identical Pain Characteristics: A Case Report of a Patient with Spinal Cord Injury ». *Pain* 153, n° 7 (juillet 2012): 1537-40.
- Woolf, Clifford J. « Central Sensitization: Implications for the Diagnosis and Treatment of Pain ». *Pain* 152, n° Supplement (mars 2011): S2-15.
- Woolf, Clifford J., Gary J. Bennett, Michael Doherty, Ronald Dubner, Bruce Kidd, Martin Koltzenburg, Richard Lipton, John D. Loeser, Richard Payne, et Eric Torebjork. *Towards a mechanism-based classification of pain?* LWW, 1998.
- Woolf, Clifford J., et Richard J. Mannion. « Neuropathic pain: aetiology, symptoms, mechanisms, and management ». *The lancet* 353, n° 9168 (1999): 1959–1964.
- Yarnitsky, David, et Jose L. Ochoa. « Studies of heat pain sensation in man: perception thresholds, rate of stimulus rise and reaction time ». *Pain* 40, n° 1 (1990): 85–91.
- Yarnitsky, D., et E. Sprecher. « Thermal Testing: Normative Data and Repeatability for Various Test Algorithms ». *Journal of the Neurological Sciences* 125, n° 1 (août 1994): 39-45.
- Yarnitsky, David, et D. Pud. « Quantitative sensory testing ». *Muscle & nerve* 20, n° 2 (1997): 198–204.
- Yarnitsky, David, Michal Granot, Hadas Nahman-Averbuch, Mogher Khamaisi, et Yelena Granovsky. « Conditioned Pain Modulation Predicts Duloxetine Efficacy in Painful Diabetic Neuropathy ». *Pain* 153, n° 6 (juin 2012): 1193-98.
- Yekta, Sareh Said, Ralf Smeets, Jamal M. Stein, et Jens Ellrich. « Assessment of Trigeminal Nerve Functions by Quantitative Sensory Testing in Patients and Healthy Volunteers ». *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 68, n° 10 (octobre 2010): 2437-51.
- Yucel, A., S. Ozyalcin, G. Koknel Talu, E. Kiziltan, B. Yucel, O.K. Andersen, L. Arendt-Nielsen, et R. Disci. « The Effect of Venlafaxine on Ongoing and Experimentally Induced Pain in Neuropathic Pain Patients: A Double Blind, Placebo Controlled Study ». *European Journal of Pain* 9, n° 4 (août 2005): 407-407.
- Von Frey M (1923) Über die Beziehungen zwischen Kitzel-, Berührungs- und Druckempfindung. *Skand Arch Physiol* 43(1):93–100.

Annexes :



Annexe 1 : Dates clés de l'évolution de l'évaluation sensorielle, de la fin du XIX^e siècle à la réalisation du protocole standardisé du DFNS en 2006

Name: _____ Birthdate: _____ Date: _____ Test Area: _____ Control Area: _____

Thermal Test

Control Area Thermal Testing

CDT	WDT	TSL	CPT	HPT
°C	°C	°C	°C	°C
°C	°C	°C	°C	°C
°C	°C	°C	°C	°C
PHS Paradoxical Heat Sensation				
/3				

CDT	WDT	TSL	CPT	HPT
°C	°C	°C	°C	°C
°C	°C	°C	°C	°C
°C	°C	°C	°C	°C
PHS Paradoxical Heat Sensation				
/3				

QST - Form for Balanced Testing

MDT; Mechanical Detection Threshold (von Frey Filament)

Control Area		Test Area	
Negativ	Positiv	Negativ	Positiv
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN

MPT; Mechanical Pain Threshold (Pinprick)

Control Area		Test Area	
Negativ	Positiv	Negativ	Positiv
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN
mN	mN	mN	mN

Test-Area Thermal testing

SR-Function; MPS: Pinprick; ALL: Brush (BR), Q-tip (QT), Cotton wool (CW)

Control-Areal

128
CW
32
256
BR
8
16
QT
512
64

CW
256
128
8
32
QT
BR
64
16
512

32
128
BR
CW
16
256
512
8
64
QT

256
8
CW
QT
128
64
32
512
BR
16

BR
32
16
128
512
CW
64
256
QT
8

Test-Areal

8
QT
256
64
CW
512
128
16
32
BR

16
BR
512
32
64
128
QT
CW
8
256

QT
64
8
512
256
16
CW
BR
128
32

512
16
64
BR
QT
32
8
128
256
CW

64
512
QT
16
8
BR
256
32
CW
128

WUR; Windup Quotient (Serie10 stimulering/en stimulering)

VDI; Vibration Detection Threshold

PPT; Pressure Pain Threshold

Control Area	
Single	Repeated

Test Area	
Single	Repeated

/8
/8
/8

/8
/8
/8

kPa

kPa

Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.

MIMOUN Anthony. L'évaluation quantitative sensorielle (Quantitative sensory testing, QST) : Intérêts et application dans l'investigation des douleurs oro-faciales chroniques. 2017. 79 p. : ill., graph., tabl. Réf. Biblio. : 107

Sous la direction du Docteur Caroline TROCME et du Professeur Yves BOUCHER

Th : Chir Dent. : Paris 7 : 2017

RESUME en français :

Les douleurs oro-faciales chroniques sont un réel challenge pour le chirurgien-dentiste. Parmi elles, les douleurs neuropathiques sont parmi les plus invalidantes, altérant fortement la qualité de vie des patients. Elles conduisent bien souvent à la frustration du chirurgien-dentiste et à la mutilation du patient par des actes injustifiés. La prise en charge adéquate et précoce de ces patients, ainsi que la mise en place d'une thérapeutique appropriée ne peut qu'améliorer le pronostic et éviter l'installation à plus long terme du phénomène douloureux.

Une étape conceptuelle importante dans l'étude et le traitement de la douleur a été franchie avec la proposition d'une classification des douleurs par mécanismes dont l'idée principale repose sur le fait que chaque douleur corresponde à un mécanisme physiopathologique particulier. La connaissance de ces mécanismes devrait alors permettre de cibler une thérapeutique antalgique spécifique. Afin d'identifier ces mécanismes, de nombreuses approches complémentaires ont été entreprises, tant dans le domaine de la recherche fondamentale que de la clinique. C'est ainsi que des outils d'évaluation ne reposant pas seulement sur le langage ont été développés. Depuis la fin des années 80, un progrès significatif a été réalisé dans le domaine de la quantification sensorielle, sous l'impulsion notamment d'un groupe de neurologues allemands.

Le Quantitative Sensory Testing (QST), technique non-invasive, a été développé afin d'évaluer les troubles du système nerveux périphérique et central, associés aux douleurs chroniques et faisant suite à un traitement ou à diverses pathologies. De nombreuses études ont mis en avant une méthodologie afin d'évaluer quantitativement et semi-qualitativement les variations somatosensorielles entre des patients sains et des groupes présentant certaines affections (lésions cérébrales, diabète, cancer, VIH etc.).

Cette méthode permet, par l'application de divers stimuli calibrés, de mesurer les seuils de détection et de douleur chez les patients et d'anticiper, en testant la fonction spécifique des sous types de fibres nerveuses nociceptives et non nociceptives et ainsi de mettre en évidence ou réaliser le suivi des altérations du système somatosensoriel. Il serait donc désormais possible grâce aux mesures recueillies et à la comparaison des études réalisées suivant des protocoles fiables et reproductibles, de démontrer la présence de dysfonctionnements, et de suivre dans le temps l'effet de thérapeutiques adaptées.

DISCIPLINE : Chirurgie dentaire (Douleurs Oro-faciales)

MOTS-CLES Français : Douleur Oro-Faciale (FMeSH) ; Douleur Chronique (FMeSH) ; Douleur Neuropathique (FMeSH) ; Evaluation quantitative sensorielle ; Test sensoriel ; Profil somatosensoriel

MOTS-CLES Anglais : Orofacial pain (MeSH) ; Chronic pain (MeSH) ; Neuropathic pain (MeSH) ; Quantitative sensory testing ; Sensory Test ; Somatosensory profile
