



KINVENT
MEASURE. MOVE. PROGRESS.
PHYSIO



L'ÉQUILIBRE BIPODAL TESTS ET PROTOCOLES

SOMMAIRE



INTRODUCTION	3
COLLECTE DE DONNÉES	4
COMMENT PRÉPARER LE TEST ?	4
TRAITEMENT DES DONNÉES ET DU SIGNAL	5
ACQUISITION DE RÉGULARITÉ	5
COMMENT LES CAPTEURS DÉTECTENT LE MOUVEMENT/SIGNAL ?	5
COMMENT LE SIGNAL EST NUMÉRISÉ ET ENVOYÉ SUR L'APPLICATION ?	6
COMMENT LE LOGICIEL TRAITE LE SIGNAL ENTRANT ?	7
BIOMÉCANIQUE	7
INTERPRÉTATIONS CLINIQUES	7
INDICATEURS DE PERFORMANCES CLÉS	8
QUOTIENT DE ROMBERG	12
SYNTHÈSE	13
RÉFÉRENCES	14





INTRODUCTION

L'équilibre bipodal c'est la capacité d'un individu à garder une position stable quand il se tient debout (Pollock and al. 2020).

C'est un aspect primordial de l'activité physique quotidienne, car il est nécessaire pour marcher, courir et effectuer d'autres mouvements. Conserver l'équilibre bipodal requiert une coordination maximum entre le système neuromusculaire et le système musculosquelettique. La moindre perturbation peut engendrer une perte d'équilibre et augmenter le risque de chutes. L'équilibre bipodal est aussi fondamental à la pratique clinique, surtout en kinésithérapie, en rééducation et en médecine du sport. L'altération de l'équilibre bipodal est un trouble commun chez les patients atteints de la maladie de Parkinson, présentant des troubles musculosquelettiques ou ayant subi un accident vasculaire cérébral. De plus, garder un bon équilibre est essentiel pour les athlètes et tout individu pratiquant une activité physique. Par conséquent, jauger et améliorer son équilibre bipodal est une composante indispensable des essais cliniques. Le plus souvent, l'équilibre bipodal est estimé en utilisant des méthodes subjectives, surtout en neurologie et en gériatrie. On peut citer l'échelle d'évaluation de l'équilibre de Berg, le test du lever/marcher, et le test clinique de l'intégration sensorielle de l'équilibre. Cependant, ces méthodes présentent plusieurs limites parmi lesquelles : la variabilité inter-évaluateur, le manque de sensibilité et l'incapacité à déceler les légers changements d'équilibre lors de l'activité physique quotidienne. Cela a pour conséquence de populariser les mesures d'objectif comme les plateformes de force dans les essais cliniques.

Les plateformes de force sont des appareils qui mesurent la force sur le sol quand une personne reste debout, marche, ou exerce une autre activité de transfert de poids. Les données collectées par les plateformes de force peuvent fournir de précieuses informations sur l'équilibre des patients, leur démarche et leurs mouvements fonctionnels. Les plateformes de force sont habituellement 1D ou 3D. En d'autres termes, elles peuvent mesurer aussi bien la force verticale seule que les trois types de force à savoir: la force verticale, la force antéro-postérieure et la force médio-latérale.

La force verticale est la force agissant sur le sol perpendiculairement à sa surface, tandis que les forces antéro-postérieures et médio-latérales agissent respectivement sur le sol dans les plans sagittaux et frontaux. Une des variables essentielles collectées par les plateformes de force c'est le centre de pression (CP). Le CP est le point où la force verticale de réaction interagit avec la plateformes de force. Ce point désigne le centre d'inertie du patient. En analysant le CP, les praticiens obtiennent des informations détaillées sur l'équilibre et le contrôle postural du patient. Ces informations sont particulièrement utiles pour évaluer la stabilité et le balancement des patients. Quand des méthodes subjectives peuvent être employées pour évaluer le centre de pression, les plateformes de force, elles, apportent une mesure objective du déplacement du CP. Cette mesure objective permet aux professionnels de santé d'estimer l'équilibre de façon plus précise.

De plus, les plateformes de force fournissent de précieuses informations sur les forces agissant sur le sol. Cela permet une compréhension plus détaillée de l'équilibre et de la démarche du patient. L'analyse de ces forces permet d'identifier les zones plus faibles et de mettre en place un traitement adapté. Les données recueillies par les plateformes de force sont souvent utilisées pour analyser le balancement du CP. Cela revient à mesurer la stabilité du patient en position debout. Le balancement du CP est influencé par plusieurs facteurs dont : les entrées sensorielles du patient, le contrôle neuromusculaire et la fonction neuro-squelettique. L'analyse du balancement du centre de pression rend possible l'identification des zones plus faibles et la mise en place d'un traitement adapté.

DYNAMIC REPORT — 36.0/MIN
CoP ANALYSIS — STANCE EVALUATION
CENTER OF PRESSION AND WEIGHT

ANALYSIS, MEASUREMENT
EVOLUTION

COLLECTE DE DONNÉES

COMMENT PRÉPARER LE TEST ?

Il est généralement conseillé de s'échauffer avant tout type de test d'équilibre bipodal.

S'échauffer peut aider à améliorer l'afflux de sang vers les différents muscles, la mobilité, les fonctions neuromusculaires et l'amplitude des mouvements. L'échauffement peut aider à renforcer l'équilibre. Le protocole d'échauffement spécifique va dépendre de la nature du test d'équilibre réalisé. D'ordinaire, l'échauffement doit être adapté aux exigences du test et monter progressivement en intensité afin de préparer le corps à l'effort. Un échauffement de 5-10 min est normalement suffisant. Toutefois, la durée exacte dépend de la forme physique de la personne et de l'intensité des exercices d'échauffement. Il faut aussi garder à l'esprit que l'échauffement va influencer sur la performance et, la plupart du temps, doper les résultats. S'échauffer avant un test d'équilibre bipodal n'est pas toujours recommandé. Cela dépend du contexte et des objectifs du test. Dans certains contextes (les tests, le dépistage des troubles aigus de l'équilibre ou des troubles neurologiques), un temps d'échauffement peut ne pas s'avérer réalisable, voire nécessaire. De plus, lorsque l'on teste l'équilibre de patients plus âgés, il faut bien prendre en compte les spécificités de leur quotidien, s'ils doivent fréquemment se lever d'une chaise et trouver l'équilibre pour éviter la chute. Dans certains cas, un temps d'échauffement peut ne pas être nécessaire pour tester les réelles facultés d'équilibre. Enfin, la décision d'inclure ou d'exclure l'échauffement doit être motivée par le contexte spécifique et les objectifs du test, tout en tenant compte de l'âge et de l'état de santé de la personne.

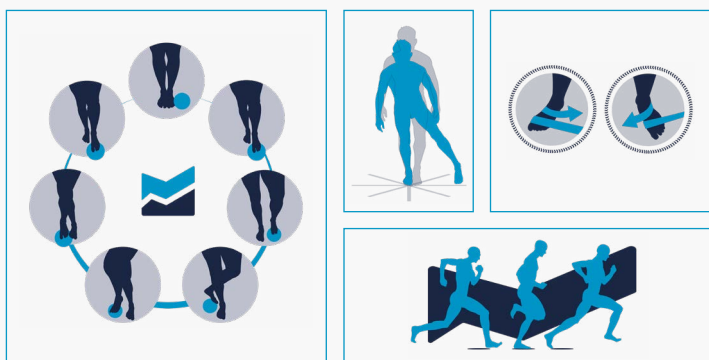


ILLUSTRATION 1: Exemple d'un exercice d'échauffement

SUGGESTION DE CONFIGURATION



Préparation :
5 secs



3 répétitions



Les yeux
ouverts/fermés



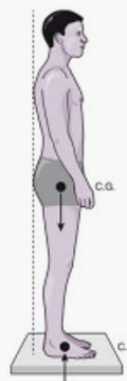
Récupération
15 secs



Durée 60 secs

DÉROULEMENT

- **Étape 1 :** Se placer sur la plateforme. Le patient prend 3-4 essais pour trouver son/sa position optimale.
- **Étape 2 :** Garder les bras relâchés le long du corps.
- **Étape 3 :** Se concentrer sur un point fixe entre 3 et 5 mètres (pour la phase avec les yeux ouverts).
- **Étape 4 :** Rester le plus stable possible pendant toute la durée de l'exercice.



Assurez-vous qu'une fois placé sur la plateformes de force, le patient maintienne la même position.

GESTION DES DONNÉES

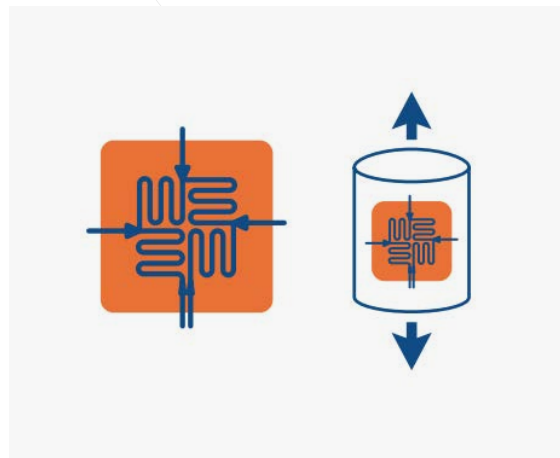
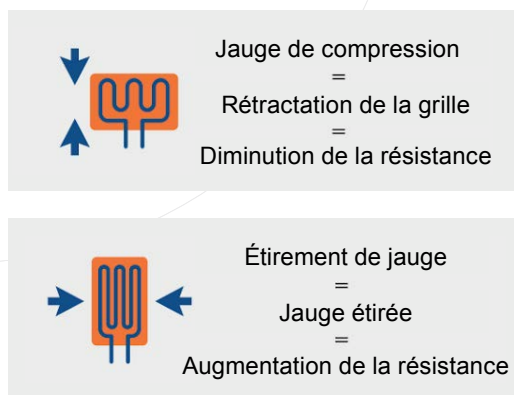
TRAITEMENT DU SIGNAL

ACQUISITION DE RÉGULARITÉ

Pour réussir un test d'équilibre, une fréquence d'acquisition entre 50-100 Hz est plus qu'optimale (cela correspond à 50-100 points de données). Une fréquence d'acquisition minimale de 50 Hz est recommandée pour les évaluations de l'équilibre bipodal. Ce taux d'échantillonnage suffit à capturer les informations pertinentes nécessaires pour effectuer des mesures d'équilibre précises et fiables. Le système de contrôle de posture humaine fonctionne en opérant sans cesse de légers ajustements dans le but de maintenir l'équilibre. Cela se traduit par un déplacement perpétuel du centre de pression et un balancement constant du corps. Ces mouvements à basse fréquence (moins de 10 Hz) peuvent efficacement être relevés à un taux d'échantillonnage de 50 Hz ou plus, ils sont donc basés sur le théorème de Nyquist. L'échantillonnage à une fréquence inférieure à 50 Hz ne peut enregistrer efficacement les mouvements à haute fréquence pendant un exercice d'équilibre. Cela peut fausser les mesures d'équilibre, et générer une perte de sensibilité lors de la détection de changements infimes dans l'équilibre. (Quijoux et al., 2021). Il convient de noter toutefois de noter que dans certains contextes – de recherche et cliniques –, des taux d'échantillonnage plus élevés (100 Hz ou plus par exemple) peuvent être nécessaires pour capturer avec précision des changements plus subtils dans le contrôle de l'équilibre. Dans ce cas, la fréquence optimale d'acquisition dépendra du contexte, des objectifs spécifiques du test ainsi que de la technologie de mesure utilisée.

COMMENT LES CAPTEURS DÉTECTENT LE MOUVEMENT/SIGNAL ?

Les données sont collectées par les (4) capteurs de force de K-Delta avec un taux d'échantillonnage pouvant aller jusqu'à 4000 Hz (taux non optimal pour les tests d'équilibre). L'application mobile Kinvent Physio est reliée aux plateformes de force via Bluetooth. Elle peut donc stocker et filtrer les données. Les plateformes Kinvent sont équipées de cellules de charge à 4 jauges de contraintes. Un capteur de force se compose généralement d'un corps d'essai en acier sur lequel est fixé le support de la grille à 4 jauges de contrainte. Sous l'influence d'une force, le corps d'essai se dilate ou se rétracte. La force exercée sur ce corps provoque une pression et des déformations. Une jauge est un support contenant une grille de mesure conductrice. Cette dernière se comprime ou s'étire, et modifie donc la résistance électrique des filaments de la grille pour déterminer la déformation.



Les capteurs de force sont équipés de 4 jauges de contrainte connectées les unes aux autres. C'est ce que l'on appelle un **pont de Wheatstone**. Celui-ci contient :

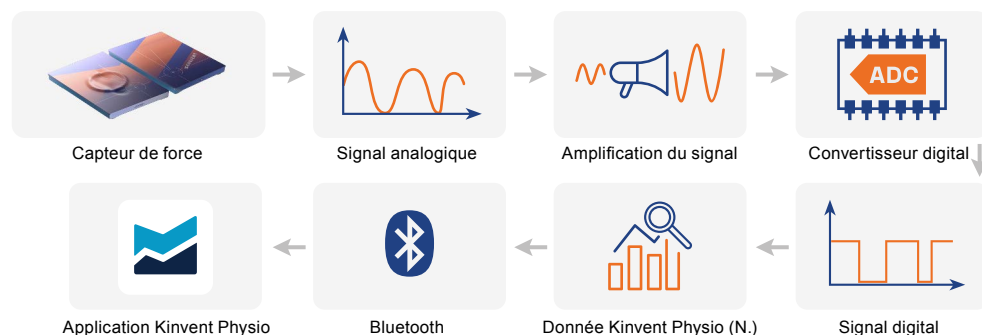
- 2 jauges parallèles au vecteur de force
- 2 jauges montées latéralement par rapport à la force appliquée

Ces 4 jauges de contrainte sont fixées au corps d'épreuve.

Lorsqu'une force est appliquée à une cellule de charge, l'acier se déforme et la résistance électrique de la jauge de contrainte change. Le signal sortant communique des informations sur cette déformation. C'est ainsi que la force agissant sur les jauges est calculée.

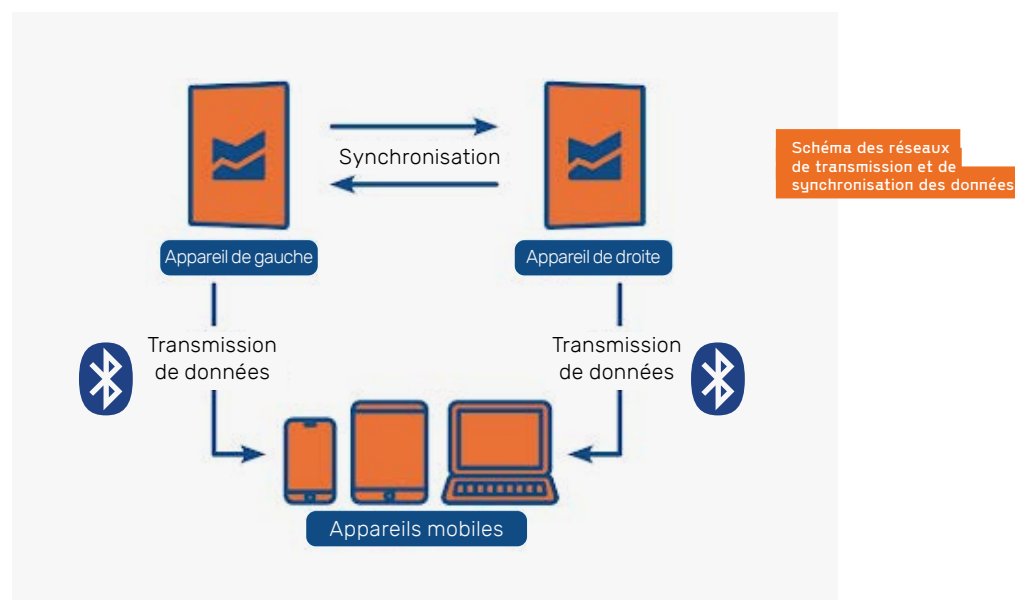
COMMENT LE SIGNAL EST NUMÉRISÉ ET ENVOYÉ SUR L'APPLICATION ?

Les appareils sont équipés de **8 capteurs de force, 4 par paire**. Ces capteurs émettent des signaux analogiques de faible amplitude (quelques millivolts). Les signaux sont amplifiés puis numérisés à l'aide d'un convertisseur analogique-numérique (A/N). Le microcontrôleur des appareils utilise notre algorithme pour déterminer la force en N. à partir du signal en volts. Les plateformes de force sont reliées à l'application Kinvent Physio via Bluetooth, elles lui transmettent les données.



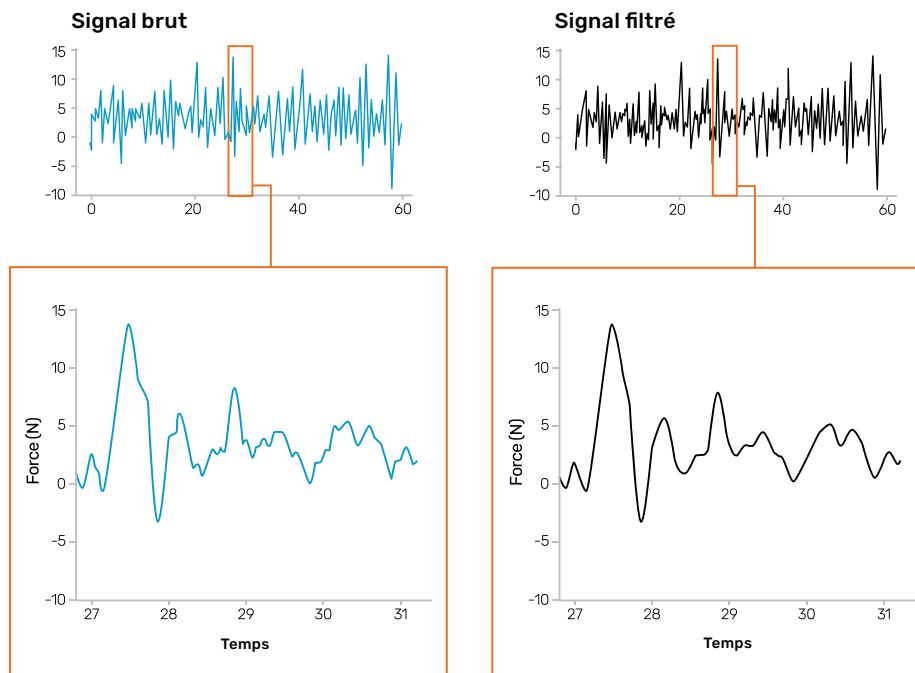
Nous avons construit notre réseau de capteurs en utilisant la technologie « **SIMULTANEOUS MULTI-PROTOCOL** ». Cette technologie repose sur deux réseaux de communication qui utilisent simultanément différents protocoles de transmission :

- **Un réseau de transmission de données** : réseau primaire utilisé pour transférer des données entre les capteurs et le dispositif principal. Ce réseau utilise un protocole de transmission normalisé tel que le Bluetooth pour prendre en charge davantage de matériel.
- **Un réseau de synchronisation** : Il s'agit du réseau secondaire. Il contient uniquement les capteurs et actionneurs à synchroniser. Les capteurs et les actionneurs utilisent ce réseau pour échanger des informations de synchronisation. Le réseau de synchronisation se sert de ce protocole pour échanger des synchronisations entre les capteurs sans interrompre la transmission des données vers l'appareil mobile.



COMMENT LE LOGICIEL TRAITE LE SIGNAL ENTRANT ?

Une fois le signal reçu, les données sont traitées par notre algorithme intégré à l'application. Cet algorithme permet de filtrer les données afin d'éliminer le bruit du signal. Il permet également de calculer divers paramètres pour interpréter le signal.

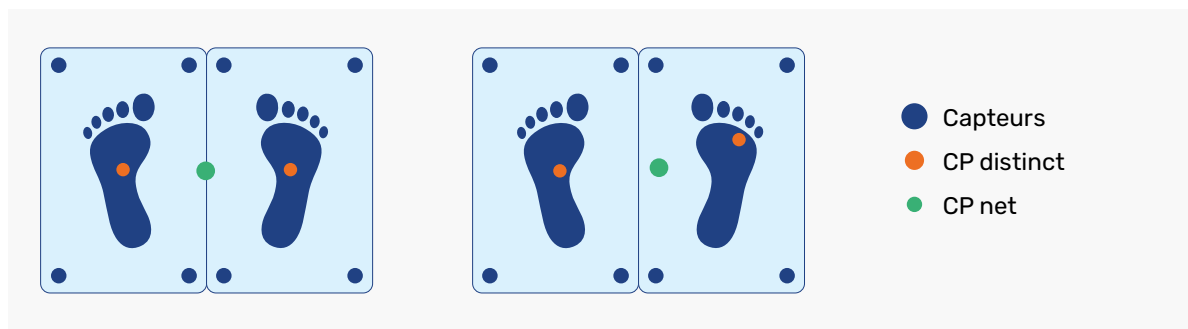


Graphique n° 2 : Visuel de la collecte de données et de leur filtration dans l'application par l'utilisation d'un filtre passe-bas de Butterworth.

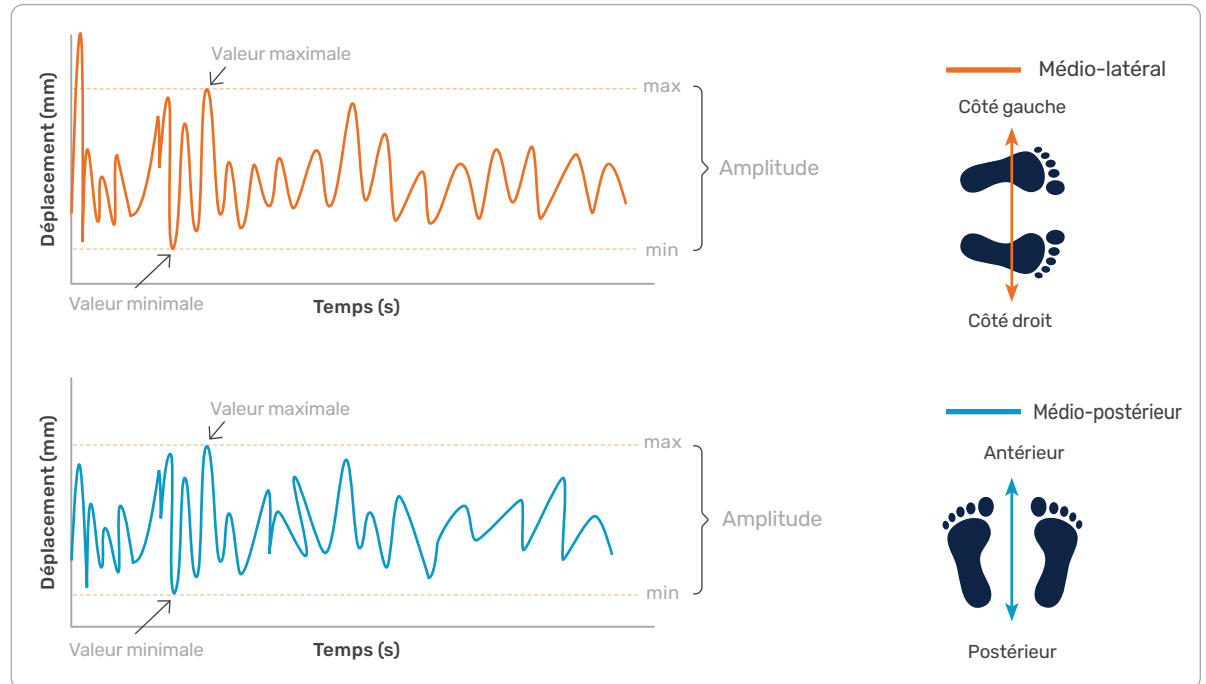
BIOMÉCANIQUE

Comment passe-t-on d'une valeur de force à une valeur du Centre de pression ?

Un test d'équilibre bipodal effectué sur une plateformes de force permet d'obtenir des informations sur le centre de pression (CP). Ce dernier est défini comme le « point d'emplacement du vecteur de la force verticale de réaction au sol » et représente une moyenne pondérée des pressions sur la surface en contact avec le sol (Winter, 1995). Le CP net est situé entre les deux pieds et est déterminé par le poids relatif de chaque pied. Les deux pieds étant en contact avec le sol, il y a des CP distincts pour chaque pied, reflétant le contrôle neuronal. Chaque capteur détecte des forces qui varient en tenant compte de la position du patient. Un algorithme utilise ces informations pour déterminer la position du CP sous chaque pied. Les valeurs nettes du CP le long des axes médiaux latéraux (Cdx) et antéro-postérieurs (CoPy) sont ensuite calculées à l'aide des formules appropriées.



Le CP se caractérise par des mouvements antéro-postérieurs et des mouvements médio-latéraux.



INDICATEURS DE PERFORMANCES CLÉS

Zone d'ellipse

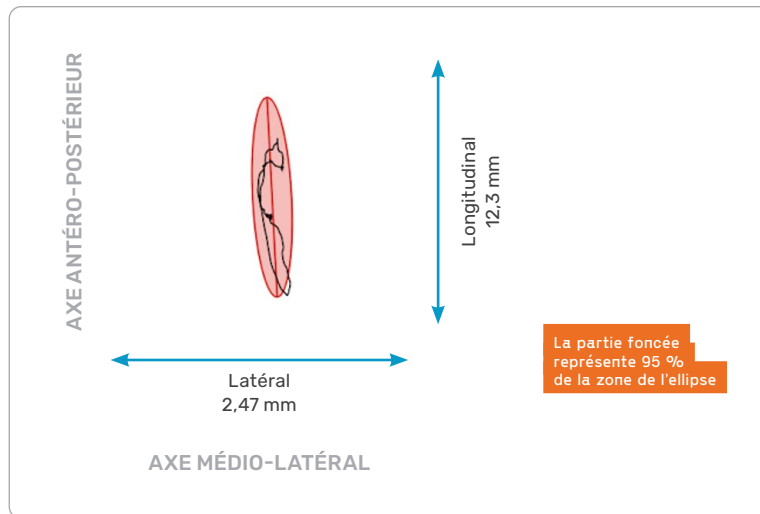
La zone d'ellipse est un indicateur clé de performance, fondamental dans l'évaluation de l'équilibre. Elle peut être calculée en utilisant la méthode de la covariance. Cette méthode consiste à analyser le mouvement du centre de pression (CP) pendant un exercice d'équilibre.

Pour calculer la zone d'ellipse en utilisant la méthode de la covariance, on se sert de la formule suivante :

$$\text{La zone} = \pi \times SD_{(AP)} \times SD_{(ML)} \times \sqrt{(1 - [\text{Cov}_{(AP, ML)} / (SD_{(AP)} \times SD_{(ML)})]^2)}$$

Où :

- **A** est l'aire de l'ellipse
- π est la constante mathématique pi
- $SD_{(AP)}$ est l'écart-type de la position du centre de pression (CP) dans le sens antéro-postérieur (AP)
- $SD_{(ML)}$ est l'écart-type de la position du CP dans la direction médio-latérale (ML)
- $\text{Cov}_{(AP, ML)}$ est la covariance entre la position du CP dans les sens AP et ML.



LONGUEUR DU TRAJET DU CENTRE DE PRESSION

La longueur du trajet du centre de pression en équilibre représente la distance parcourue par le CP pendant un exercice d'équilibre. C'est une mesure du mouvement global du centre de pression et un indicateur du contrôle postural.

On calcule généralement la longueur du trajet du CP en additionnant les distances entre chaque point de CP consécutif mesuré au cours de l'exercice d'équilibre.

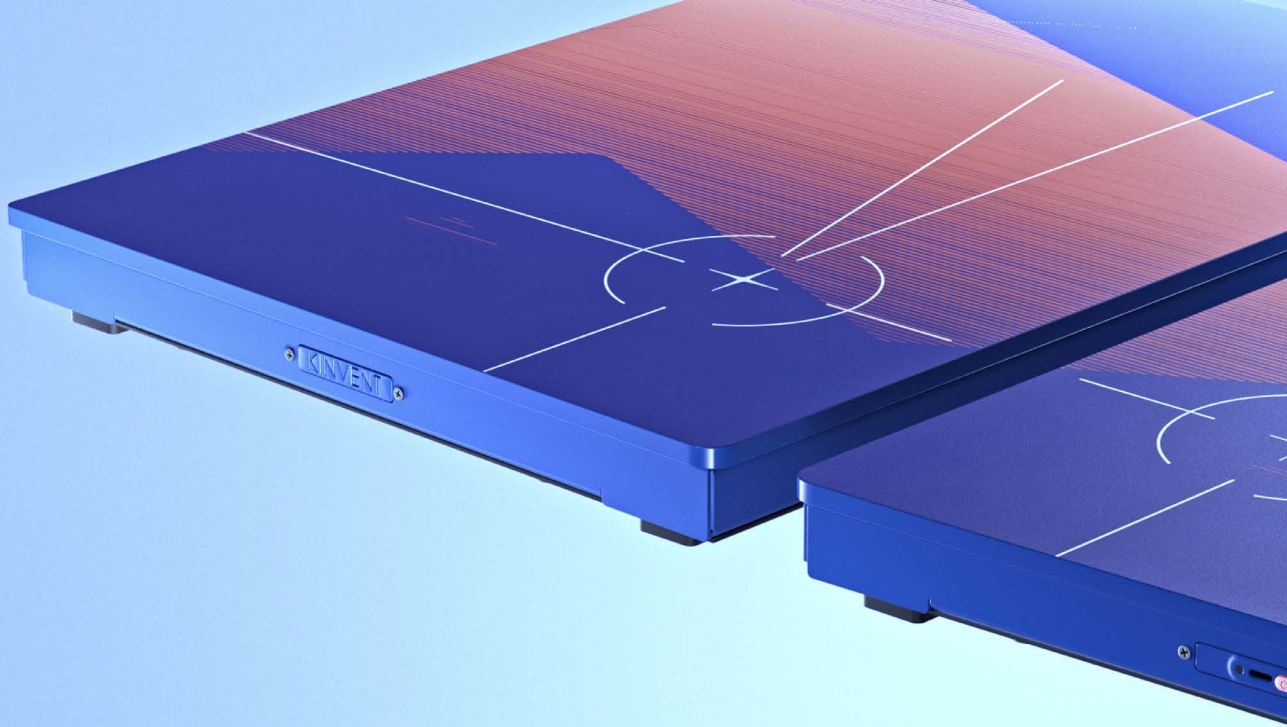
L'équation suivante permet de calculer la longueur du trajet du CP :

$$\text{CoP}_{\text{path length}} = \sum \left[\sqrt{((\text{CoP}_{x(i)} - \text{CoP}_{x(i-1)})^2 + (\text{CoP}_{y(i)} - \text{CoP}_{y(i-1)})^2)} \right]$$

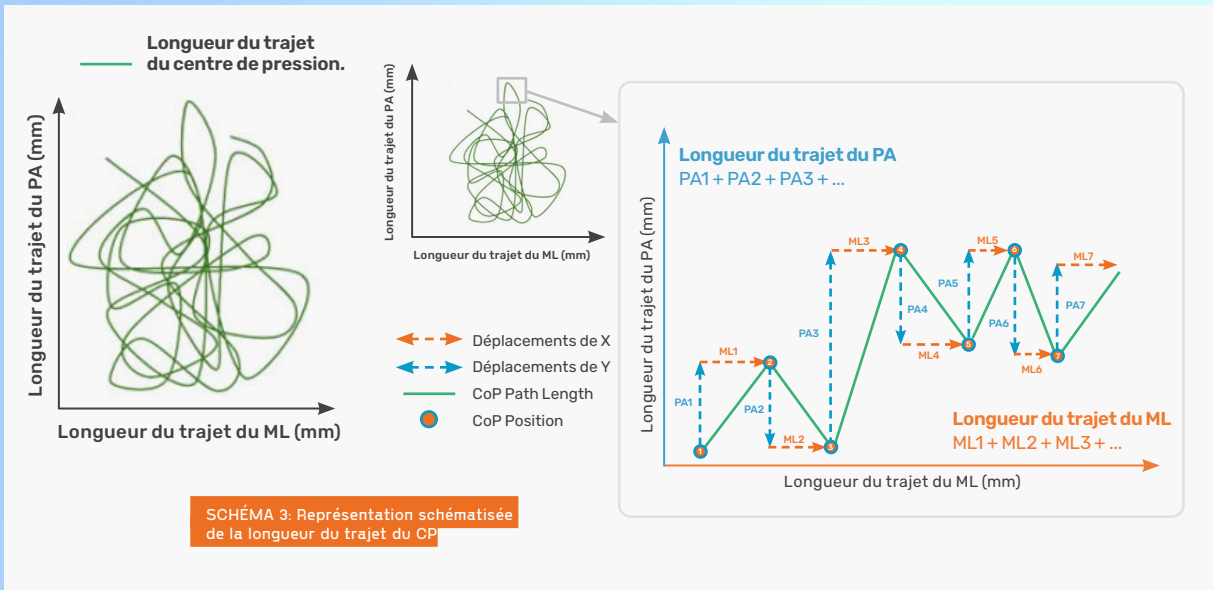
Where

- $\text{CoP}_{x(i)}$ et $\text{CoP}_{y(i)}$ représentent les coordonnées x et y du CP au point i
- $\text{CoP}_{x(i-1)}$ et $\text{CoP}_{y(i-1)}$ représentent les coordonnées x et y du CP au point précédent (i-1)
- \sum désigne à la somme des valeurs pour tous les i du début à la fin de l'exercice

En calculant la longueur du trajet du CP, on peut obtenir une mesure globale du mouvement du CP au cours d'un exercice. On peut utiliser cette mesure pour évaluer le contrôle postural, et suivre l'évolution du contrôle postural dans le temps.



JUMP HEIGHT PE



La vitesse moyenne du CP

Une fois la longueur du trajet du CP déterminée, on peut calculer la vitesse moyenne du CP. Sa vitesse moyenne est définie par la somme des distances qu'il y a entre les points consécutifs.

$$\text{Vitesse moyenne du CP} = \frac{\text{Longueur du trajet du CP}}{\text{Temps total}}$$

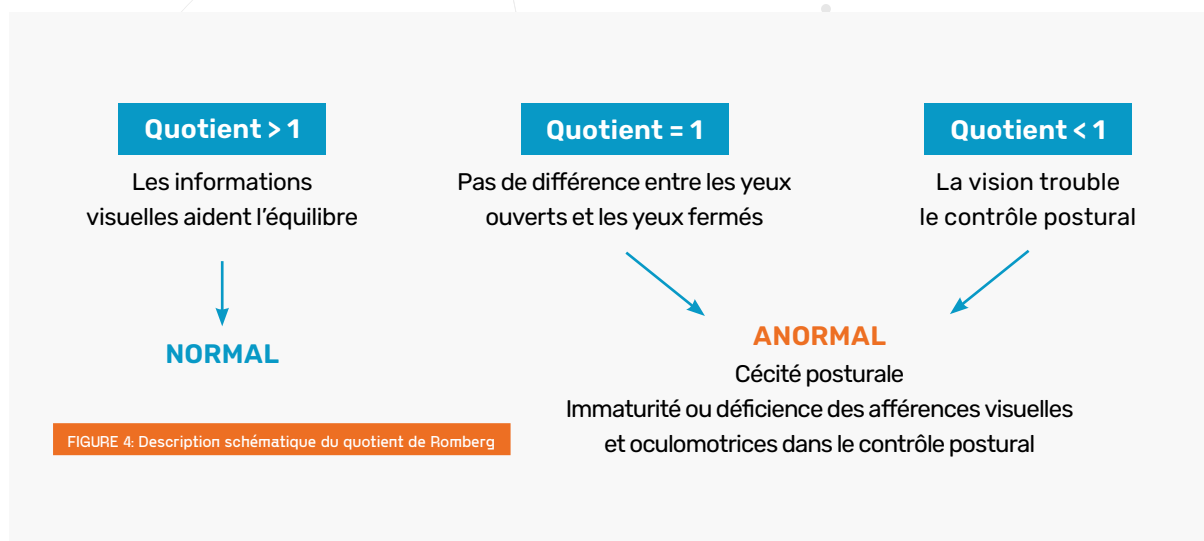


KPI	INTÉRÊT CLINIQUE
<p>ZONE DE L'ELLIPSE DU CP (MM²)</p>	<p>Des recherches ont établi un lien entre la zone de l'ellipse, une mesure courante du balancement postural obtenue lors de l'évaluation de l'équilibre, et diverses pathologies affectant le contrôle postural. Par exemple, ces études ont montré que, lors d'exercices de marche et de positions statiques, la zone d'ellipse du CP est plus étendue chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson que chez les personnes en bonne santé (Paolucci et al., 2020). D'autres études ont étudié la zone d'ellipse chez des personnes atteintes de sclérose en plaques, ayant subi un accident vasculaire cérébral ou d'autres pathologies affectant l'équilibre et le contrôle postural. Ces études ont la majeure partie du temps prouvé qu'une augmentation de l'aire de l'ellipse est associée à une diminution du contrôle postural et à un risque accru de chutes (Gama et al., 2019).</p> <p>De plus, la zone de l'ellipse du CP a été utilisée comme mesure de l'efficacité du traitement et peut être utilisée pour suivre l'évolution du contrôle postural dans le temps. Des études ont montré que des interventions telles que l'entraînement à l'équilibre, le feedback visuel et l'entraînement proprioceptif peuvent conduire à une réduction de la zone de l'ellipse chez les personnes souffrant de diverses pathologies (Miko et al., 2018). Dans l'ensemble, la surface de l'ellipse du CP est une mesure utile pour évaluer le contrôle postural et l'équilibre chez plusieurs catégories de patients. Cet outil peut fournir des informations importantes pour le diagnostic, le traitement et la rééducation des pathologies affectant l'équilibre et le contrôle postural.</p>
<p>LONGUEUR DU TRAJET DU CP (MM)</p>	<p>La recherche a établi un lien entre la longueur du trajet du CP (centre de pression) et diverses pathologies et conditions qui affectent l'équilibre et le contrôle postural. Par exemple, des études ont montré que, pendant les exercices de marche et de position statique, les personnes atteintes de la maladie de Parkinson (un trouble neurologique qui affecte les mouvements et l'équilibre) ont une longueur de trajet du CP plus importante que les autres. (Morenilla et al., 2020). D'autres études ont travaillé sur la longueur du trajet du CP chez des personnes souffrant d'entorses de la cheville, d'accidents vasculaires cérébraux et d'autres pathologies affectant l'équilibre et le contrôle postural (Verhagen et al., 2004).</p> <p>Ces études ont la plupart du temps montré que l'augmentation de la longueur du trajet du CP est associée à la diminution du contrôle postural et à un risque accru de chutes (Gama et al., 2019). Dans l'ensemble, la longueur du trajet du CP est une mesure précieuse. Elle permet d'évaluer le contrôle postural, l'équilibre postural et l'équilibre chez plusieurs catégories de patients. Cette mesure peut influencer sur l'équilibre et le contrôle postural car elle fournit des informations clés à l'élaboration du diagnostic, du traitement et de la rééducation.</p>
<p>VITESSE MOYENNE DU CP (MM/S)</p>	<p>Des recherches ont permis d'établir des liens entre la vitesse moyenne du centre de pression et certaines pathologies (notamment celles qui affectent l'équilibre et le système de contrôle postural). Par exemple, certaines études ont montré que, lors de tâches en position debout, les personnes atteintes de la maladie de Parkinson ont une vitesse moyenne du centre de pression plus élevée que les personnes en bonne santé. (Morenilla et al., 2020). D'autres études se sont penchées sur la vitesse moyenne du CP chez des personnes atteintes de sclérose en plaques, ayant subi un accident vasculaire cérébral ou d'autres pathologies affectant l'équilibre et le contrôle postural. Ces études ont globalement montré qu'une augmentation de la vitesse moyenne du CP est liée à une diminution du contrôle postural et à une augmentation du risque de chute. (Gama et al., 2019).</p>

KPI	INTÉRÊT CLINIQUE
VITESSE MOYENNE DU CP (MM/S)	Une étude publiée en 2010 dans la revue Gait and Posture a montré que la vitesse moyenne du CP était significativement plus élevée chez les personnes souffrant d'instabilité chronique de la cheville. On suppose donc que cette mesure peut être utile pour évaluer les déficits d'équilibre associés à cette pathologie (Wikstrom et al.). La vitesse moyenne du CP s'est également révélée être un indicateur significatif des chutes chez les personnes âgées et chez les personnes souffrant de troubles vestibulaires (Pizzigalli et al., 2014).

QUOTIENT DE ROMBERG

Le quotient de Romberg est un outil clinique souvent utilisé pour évaluer l'équilibre, en particulier chez les personnes souffrant de troubles neurologiques ou vestibulaires. Pour effectuer le test à l'aide d'une plateformes de force, la personne doit se tenir debout sur la plateformes de force, les pieds joints, d'abord avec les yeux ouverts, puis avec les yeux fermés. La plateformes de force enregistre le déplacement du CP de façon antéro-postérieure et médio-latérale. Chaque test dure normalement entre 30 et 60 secondes. On calcule le quotient de Romberg en divisant la zone de balancement du CP lorsque le patient garde les yeux fermés par la zone de balancement du CP quand le patient a les yeux ouverts (Maatar, 2013).



L'idée derrière le quotient de Romberg c'est que l'équilibre est assuré grâce à l'intégration des données visuelles, proprioceptives et vestibulaires. Lorsque la vue est supprimée (quand le patient garde les yeux fermés), la dépendance aux éléments proprioceptifs et vestibulaires augmente, et l'équilibre peut être plus difficile à maintenir. En examinant le quotient, les professionnels de santé peuvent se faire une idée du degré de dépendance d'une personne à l'égard de l'information visuelle.

Le quotient de Romberg est un outil précieux dans l'évaluation de l'équilibre chez un grand nombre de personnes, y compris chez les personnes âgées, les personnes atteintes de la maladie de Parkinson et les personnes souffrant de déficiences vestibulaires. Cependant, il est important de noter que le test, même effectué à l'aide de plateformes de force, ne constitue pas un outil diagnostique autonome. Il doit être couplé à d'autres tests d'évaluation de l'équilibre et de la capacité fonctionnelle.

SYNTHÈSE

L'évaluation de l'équilibre bipodal à l'aide de plateformes de force est un outil important dans la pratique clinique. Elle permet de fournir des informations clés sur la santé physique d'un patient.

En mesurant les forces et les pressions exercées sur les plateformes de force, les praticiens peuvent obtenir des informations détaillées sur l'équilibre et la stabilité d'un patient.

Ces informations peuvent être utilisées pour identifier les faiblesses, suivre les progrès de la rééducation et évaluer l'efficacité des manipulations. De plus, l'évaluation de l'équilibre bipodal à l'aide de plateformes de force peut s'avérer utile dans l'identification des risques de chute chez les personnes âgées et l'élaboration de traitements visant à améliorer l'équilibre et à réduire le risque de chute.

Évaluer l'équilibre bipodal à l'aide de plateformes de force requiert un équipement et une expertise. Cette évaluation permet un niveau de précision inatteignable avec d'autres techniques d'évaluation. C'est une ressource inestimable pour les thérapeutes autant en neurologie, en orthopédie, en gériatrie qu'en psychiatrie.

En incluant l'évaluation de l'équilibre bipodal à l'aide de plateformes de force dans la pratique clinique, les professionnels de santé peuvent fournir des évaluations plus précises, suivre l'évolution et mettre en place des traitements plus efficaces pour leurs patients.

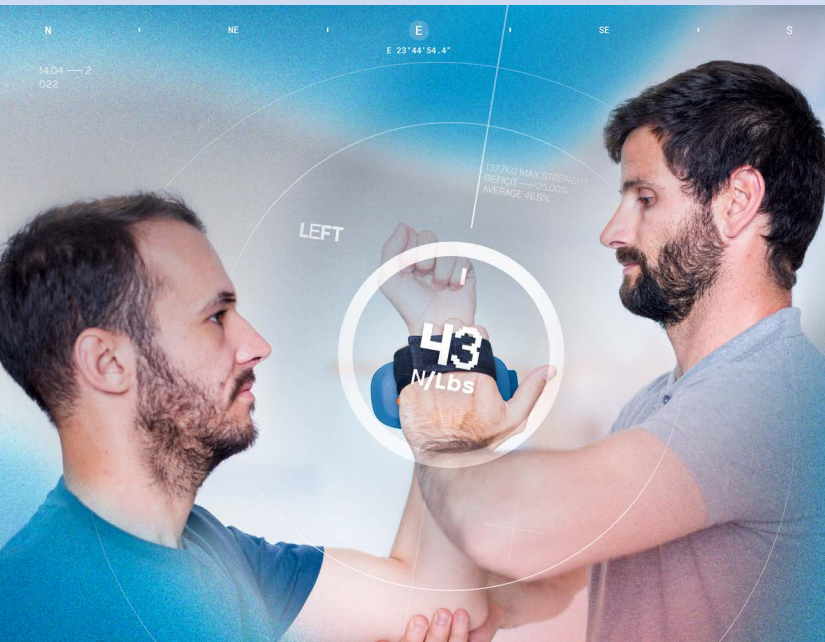
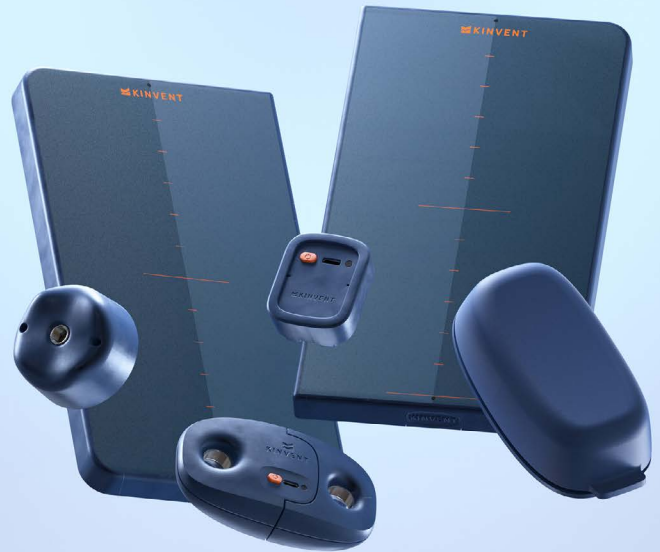


RÉFÉRENCES

- 1 **MARKOVIC, G., DIZDAR, D., JUKIC, I., & CARDINALE, M. (2004).** Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of strength and conditioning research*, 18(3), 551-555
- 2 **MAATAR, D. (2013).** Analyse des signaux stabilométriques et de la stabilité chez l'Homme: application à la biométrie (Doctoral dissertation, Université Paris-Est).
- 3 **PIZZIGALLI, L., AHMAIDI, S., & RAINOLDI, A. (2014).** Effects of sedentary condition and long-term physical activity on postural balance and strength responses in elderly subjects. *Sport Sciences for Health*, 10(2), 135-141.
- 4 **POLLOCK, A. S., DURWARD, B. R., ROWE, P. J., & PAUL, J. P. (2000).** What is balance? Clinical rehabilitation, 14(4), 402- 406.
- 5 **QUIJOUX, F., NICOLAÏ, A., CHAIRI, I., BARGIOTAS, I., RICARD, D., YELNIK, A., ... & AUDIFFREN, J. (2021).** A review of center of pressure (COP) variables to quantify standing balance in elderly people: Algorithms and open access code. *Physiological Reports*, 9(22), e15067.
- 6 **VERHAGEN, E., VAN DER BEEK, A., TWISK, J., BOUTER, L., BAHR, R., & VAN MECHELEN, W. (2004).** The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: A prospective controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(6), 1385-1393.
- 7 **WINTER, D. A. (1995).** HUMAN BALANCE AND POSTURE CONTROL DURING STANDING AND WALKING. *GAIT & POSTURE*, 3(4), 193-214.
- 8 **MORENILLA, L., MÁRQUEZ, G., SÁNCHEZ, J.A., BELLO, O., LÓPEZ-ALONSO, V., FERNÁNDEZ-LAGO, H., & FERNÁNDEZ-DEL-OLMO, M. (2020).** Postural Stability and Cognitive Performance of Subjects With Parkinson's Disease During a Dual-Task in an Upright Stance. *Frontiers in Psychology*.
- 9 **GAMA, G.L., CELESTINO, M.L., BARELA, J.A., & BARELA, A.M. (2019).** Gait initiation and partial body weight unloading for functional improvement in post-stroke individuals. *Gait & posture*, 68, 305-310 .
- 10 **PAOLUCCI, T., IOSA, M., MORONE, G., FRATTE, M.D., PAOLUCCI, S., SARACENI, V.M., & VILLANI, C. (2018).** Romberg ratio coefficient in quiet stance and postural control in Parkinson's disease. *Neurological Sciences*, 39, 1355-1360.
- 11 **MIKO, I., SZERB, I., SZERB, A., BENDER, T., & POOR, G. (2018).** Effect of a balance-training programme on postural balance, aerobic capacity and frequency of falls in women with osteoporosis: A randomized controlled trial. *Journal of rehabilitation medicine*, 50(6), 542-547. <https://doi.org/10.2340/16501977-2349>



**PROGRESSION
AVEC PRÉCISION.**



+60
PAYS

160
INDICATEURS

AVEC KINVENT :
DES PATIENTS IMPLIQUÉS.
UNE PRATIQUE AMÉLIORÉE.
UNE KINÉSITHÉRAPIE D'EXCELLENCE.
UNE CLIENTÈLE FIDÈLE.
DES BÉNÉFICES RENFORCÉS.

KINVENT.COM

7,500 | NOUVEAUX PATIENTS
CHAQUE MOIS

700,000 | TESTS

1 MILLION | SÉANCES

