

Les troubles de la Marche Humaine

□ Introduction

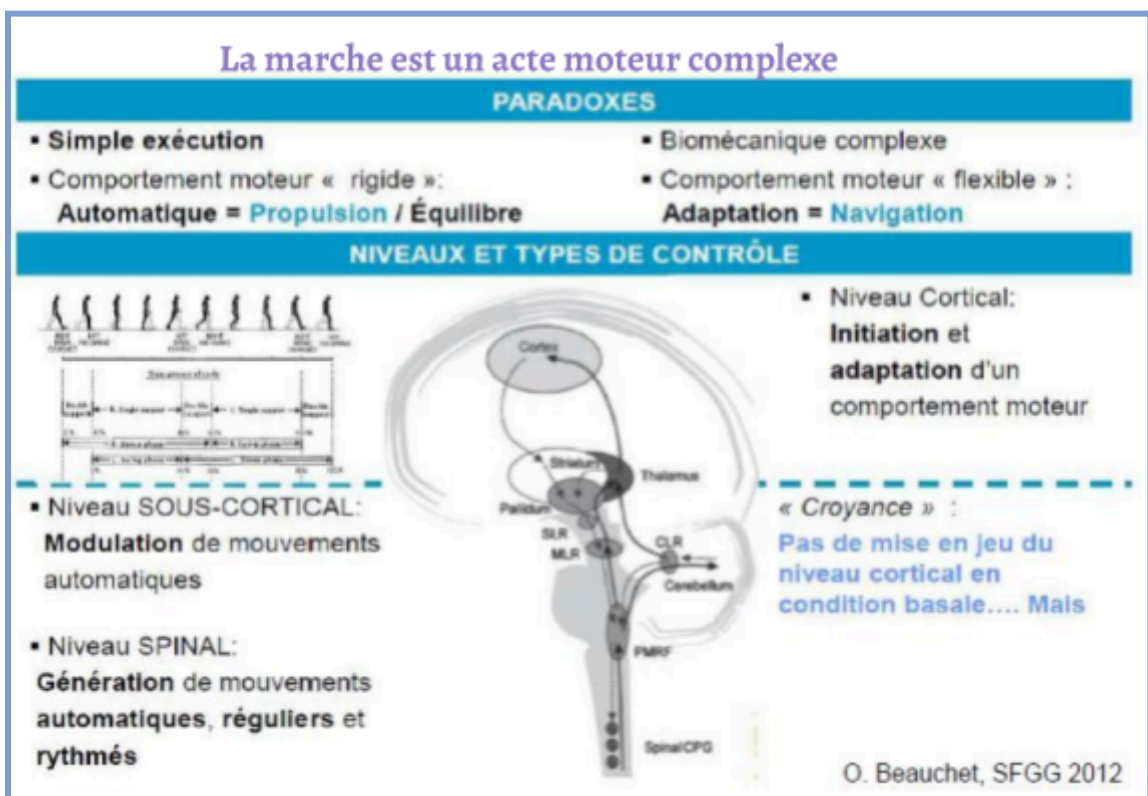
Définition

- La marche est **le mode habituel de locomotion** de l'homme, lui permettant de se déplacer en position verticale sans fatigue excessive.
- Activité complexe, rythmique, volontaire, automatique et réflexe.
- **La marche bipède** = succession de mouvements **cycliques, répétitifs et combinés des segments du corps** → **déplacement dans les 3 plans**.
- Cycles reproductibles et symétriques.

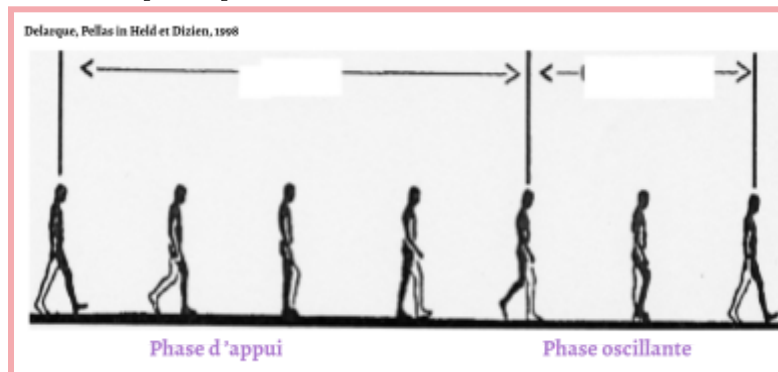
□ La Marche Humaine

- Nécessite **un maintien d'équilibre et de posture**
- Fait intervenir de nombreuses structures du **SNC et SNP**
- Nécessite l'**intégrité de l'appareil ostéoarticulaire et musculaire**.
- La marche humaine peut-être considérée comme **le déplacement du centre de gravité du corps (d'un point X à un autre point Y)** réalisé avec la plus grande économie d'énergie, à partir des paramètres spécifiques à l'espèce humaine:
 - **les composantes squelettiques**
 - **les actions musculaires**
- **Mouvements du squelette** : bassin, hanche, genou + membres supérieurs
- **Activités musculaires pendant le cycle de la marche**
- **Rôle du pied pendant la phase d'appui au sol**

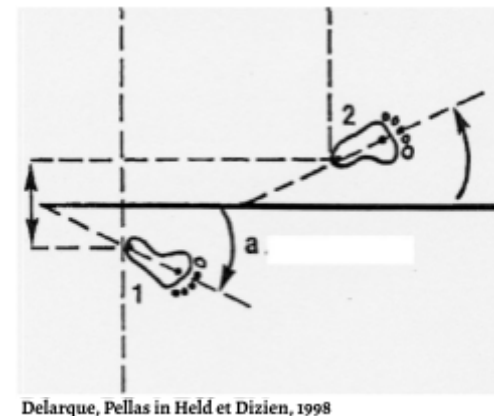
□ Marche normale



- **Cycle de marche (stride)** : Temps et ensemble des phénomènes compris **entre deux contacts successifs du même membre inférieur au sol**.
- **En général** : attaque talon
- **Pas (step)** : Temps et ensemble des phénomènes compris **entre l'appui d'un talon au sol et l'appui du talon controlatéral**.
- **Pendant le cycle chaque membre inférieur a :**
 - une phase d'appui (Stance phase) : période pendant laquelle le pied est au sol.
 - une phase oscillante (Swing phase) : période pendant laquelle le pied est en l'air.
- **La phase d'appui**
 - **début** par **une attaque talon** (heel contact/strike)
 - Et **fin** par le **décollage de l'hallux** (toe off)
- **La phase oscillante**
 - **début** par le **décollage de l'hallux**.
 - Et **fin** par l'**attaque du talon**.
- **Durée du cycle** = **Durée de la phase d'appui et de la phase oscillante**.
- **Phase d'appui 60%**
- **Phase oscillante 40%**
- **Double appui 20%**
 - Diminue si vitesse augmente
 - Disparaît pendant la course

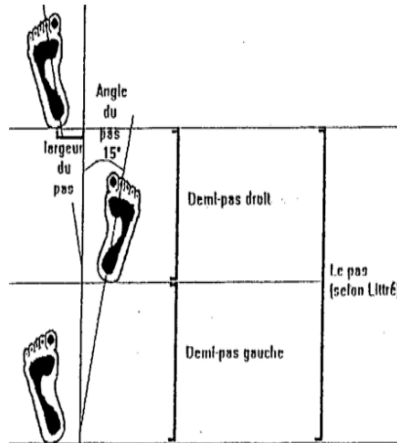


- **Longueur du cycle** : distance parcourue entre un contact au sol avec un pied et le contact suivant du même pied au sol.
- **= deux pas.**
- **Paramètres**
 - **longueur du pas**
 - **angle**
 - **largeur**
 - **Vitesse m/s** distance parcourue pendant un temps donné.
 - **Cadence pas/minute**

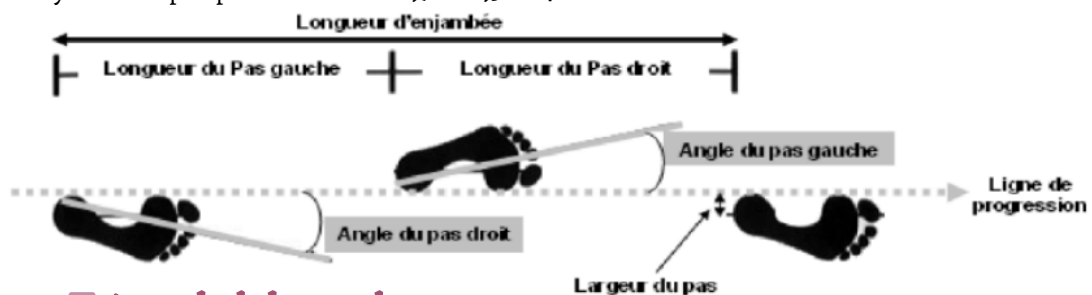


□ Les paramètres de la marche

- **Pas «step»** : intervalle entre le contact d'un talon et le contact du talon controlatéral.
- **Demi-pas** est l'intervalle séparant le contact talonnier d'un pied et celui de l'autre pied.
- **Enjambée «stride»** : longueur parcourue au cours d'un cycle complet, associant un pas droit et un pas gauche.

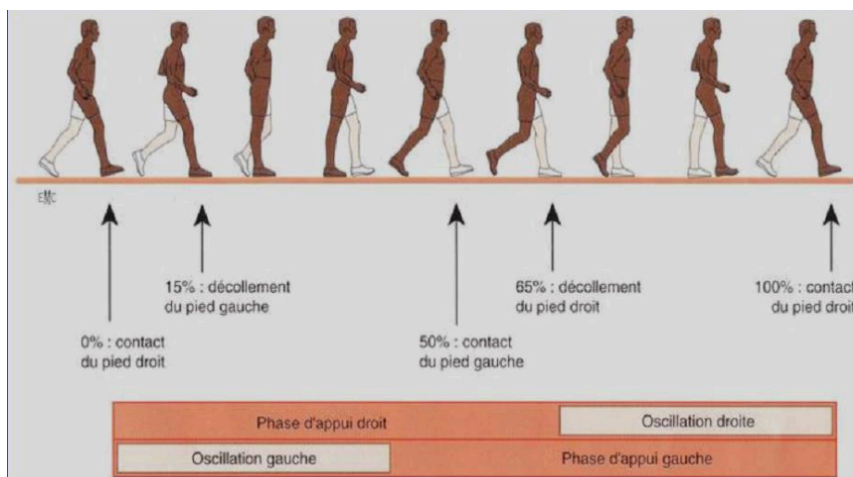
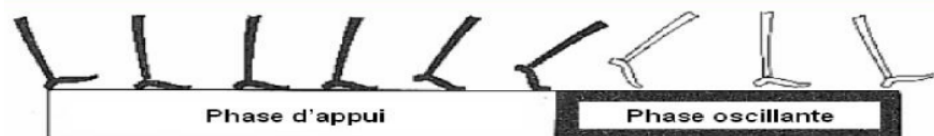


- **Longueur du pas** : distance séparant les 2 talons lors du double appui.
- **Largeur du pas** : distance séparant le talon de la ligne de marche : de 5 à 6 cm.
- **L'angle du pas** : entre la ligne de marche et l'axe longitudinal du pied = 15° en RE.
- **Cadence de marche** : nombre de pas en 1 min : 85 - 150 pas/min
- **Vitesse de marche** : la distance parcourue / unité de temps. ou le produit de la longueur moyenne du pas par la cadence: 0,70 – 1,50 m/s.



□ Le cycle de la marche

- Le cycle de marche correspond spatialement à **une enjambée ou 2 pas**.
- **Succession**, au niveau de chaque MI, d'une **phase d'appui** et d'une **phase oscillante**.
- **Début** lorsque le talon d'un pied se pose et se **termine** lorsque ce même talon se pose à nouveau de manière consécutive sur le sol .
- Dure environ **1 seconde**.



❖ **Phase d'appui : 60%**

● **Début par la prise de contact avec le sol :**

- Talon en léger valgus, pied en supination discrète et cheville en position neutre. Le genou 5 à 10° de flexion, la hanche en flexion de 15 à 25°, le bassin est en rotation vers le côté opposé. Les épaules sont en rotation inverse à celle du bassin, généralement avec une amplitude un peu moindre. Les MS en extension du côté de la prise de contact et en flexion de l'autre.
- Action essentiellement du muscle tibial antérieur, le quadriceps et le moyen fessier.
- Ces actions musculaires freinent l'affaissement du membre en charge et l'« élan » vers l'avant du corps.

● **Le double appui antérieur de réception : 10%**

- Les 2 pieds sont en contact avec le sol
- Le pied qui atterrit se pose entièrement pendant que le pied controlatéral quitte progressivement le sol.
- Genou et hanche sont fléchis pour amortir le choc, respectivement de 8-12° et 3-5°.
- En quittant le sol par l'avant pied, le pied controlatéral dirige le mouvement du corps vers l'avant et le côté.

● **La position plantigrade : 40%**

- Un seul pied est en contact avec le sol, le corps qui était en arrière du pied receveur progresse vers l'avant du fait de la force inertielle produite par la masse et la V du sujet.
- Genou et hanche parviennent en extension d'amplitude globale de 20-40°.
- Le membre controlatéral effectue son passage vers l'avant.

● **Le double appui de propulsion :**

- 2 pieds simultanément à nouveau en contact avec le sol.
- Le pied porteur pousse en arrière et lat. pour faire progresser le corps vers l'avant et le pied controlatéral devient receveur.
- Genou et hanche sont en extension.
- Le pied controlatéral se pose sur le talon.

❖ **La phase d'oscillation: 40%**

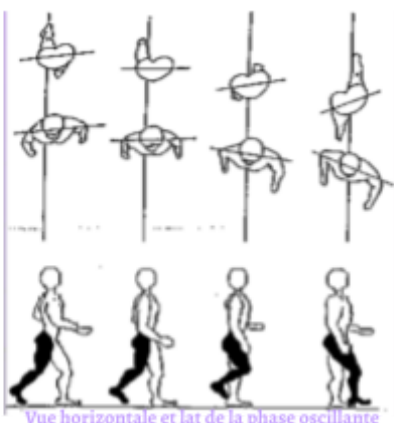
comporte 2 périodes:

● **Double appui post d'élan :**

- rétraction jusqu'à environ 70 % du cycle
- Le membre situé en arrière propulse le corps en avant; s'incline vers l'avant dans le plan sagittal, par une flexion genou + hanche.

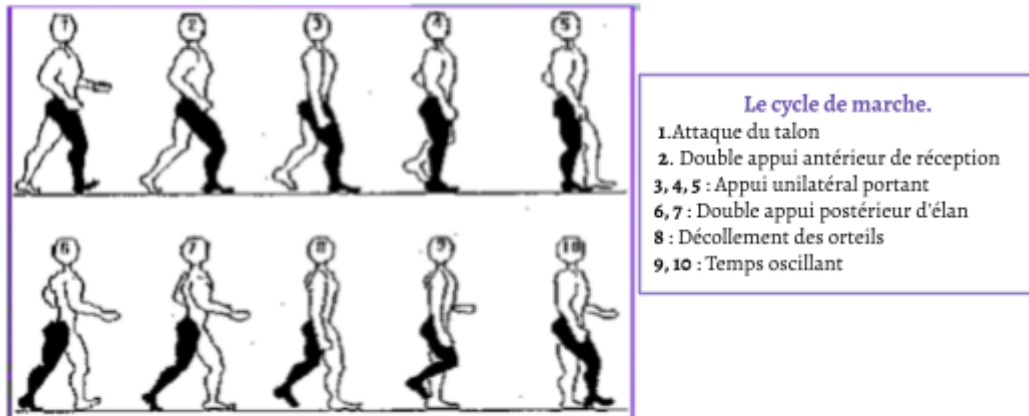
● **Oscillation:**

- au cours de laquelle le **membre regagne sa position de longueur max chercher l'appui.**
- Le membre **post se détache du sol et oscille d'arrière en avant.**
- **Dans le plan sagittal**, le pied se relève et le genou se fléchit.
- **Au niveau de la cuisse**, les adducteurs fléchissent une hanche en hyperextension qui passe en rectitude puis en flexion.
- Le MI oscillant **croise celui posé au sol.**



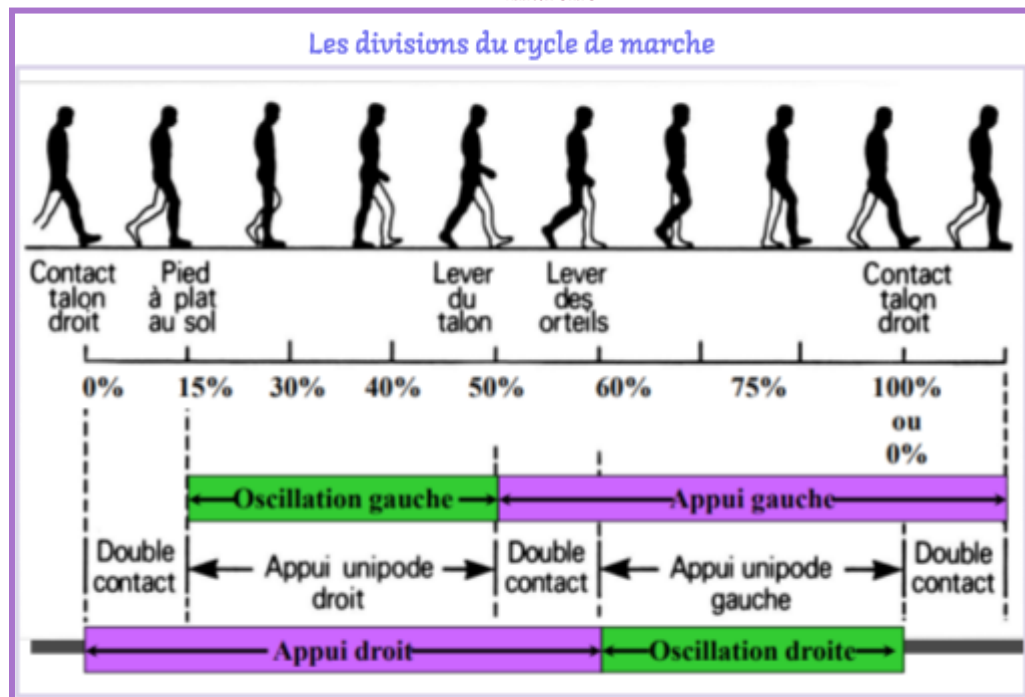
Vue horizontale et lat de la phase oscillante

- Dans le plan frontal, le bassin est oblique du fait de l'abaissement du côté oscillant; la ceinture scapulaire présente une obliquité inverse. En fin de phase oscillante, les 2 ceintures redeviennent parallèles.



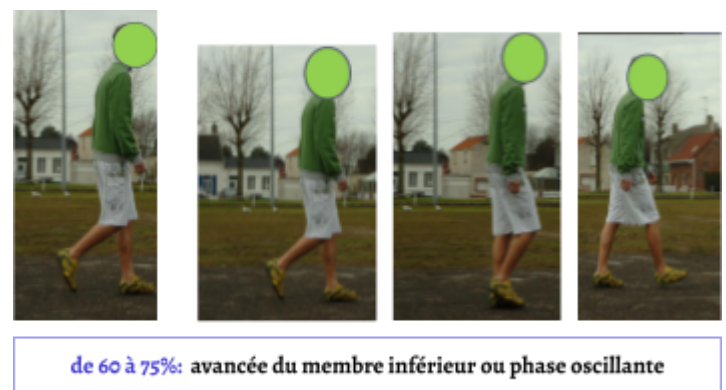
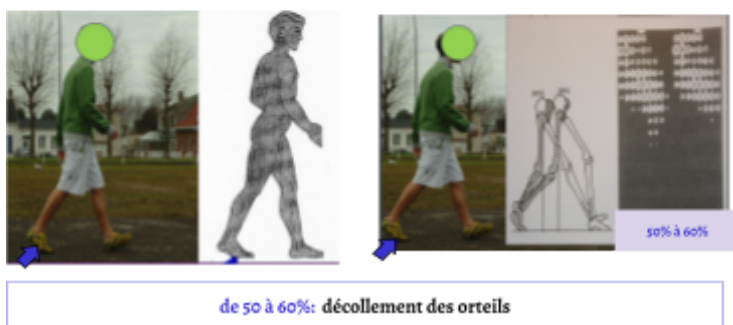
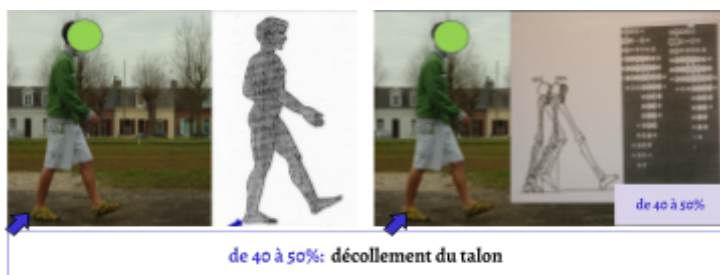
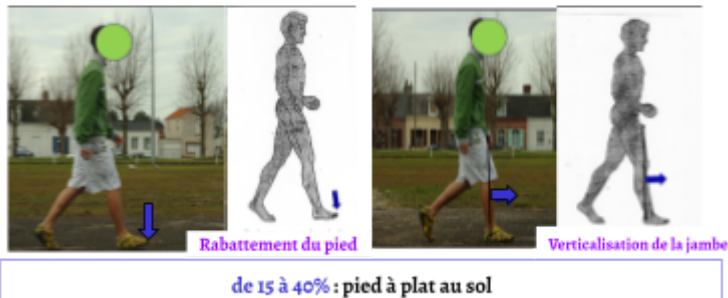
Au Total

La marche humaine se décompose en différentes phases appelées pourcentages (%) de marche



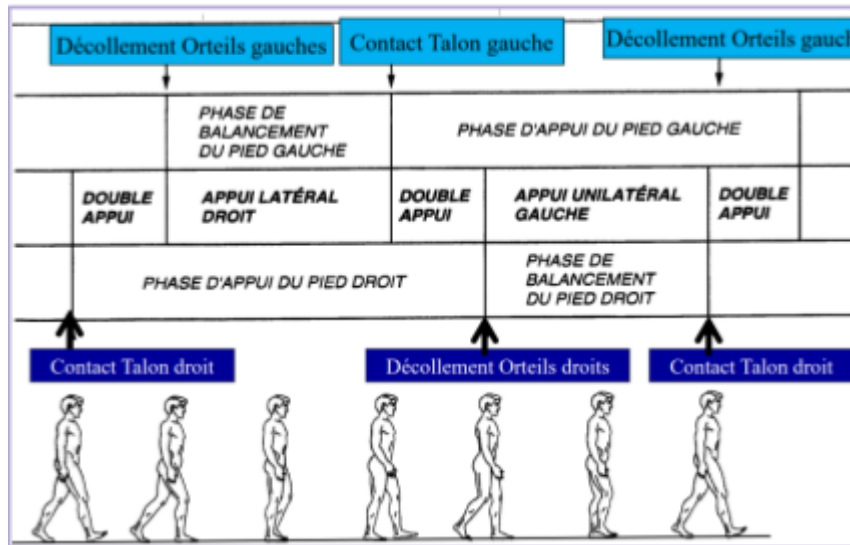
La Marche Humaine

- de 0 à 15%: attaque du talon au sol
- de 15 à 40%: pied à plat au sol
- de 40 à 50%: décolllement du talon
- De 50 à 60%: décolllement des orteils
- De 60 à 75%: avancée du membre inférieur
- de 75 à 100%: extension totale



de 75 à 100%: extension totale du membre inférieur vers l'attaque du talon puis un nouveau cycle de marche

La marche humaine en résumé



□ Conduite du diagnostic des troubles de la marche et de l'équilibre

1) Interrogatoire :

- Circonstances d'apparition, ancienneté, notion de chutes, malaise, traumatisme, douleurs colonne lombaire et membres inférieurs
- Antécédents personnels (neurologiques, toxiques, prise de médicaments)
- Antécédents familiaux (maladie dégénérative héréditaire)

2) Examen de la marche :

Les bonnes conditions pour examiner la marche:

- Un espace long et large (au moins 10 mètres)
- Suffisamment éclairé
- Sol « sonore »
- Marche pieds nus et/ou avec chaussures
- Les plus :
 - Un chronomètre
 - La vidéo

Analyse des différents temps de la marche:

- **Transferts assis/debout**
 - Statique assise
 - Signe du tabouret ?
 - Plusieurs essais pour se lever ?
 - Organisation gestuelle
- **Initiation de la marche**
 - Sure
 - Piétinement
 - Enrayage cinétique

■ **Marche en elle-même :**

- Attitude générale : tête, tronc, membres
- Ballant des bras
- Dissociation des ceintures
- Pas fluide, régulier
- Changement de position : => tour continu ou décomposé
- Marche sans aide technique, ni aide humaine
- Marche avec aide technique et/ou aide humaine

■ **Transfert debout/assis**

■ **Marche observée à l'insu du patient**

■ **Épreuves particulières :**

- Marche rapide
- Marche latérale, marche arrière
- Montée et de descente des escaliers
- Parcours d'obstacles
- Marche les yeux fermés

3) Examen de l'équilibre :

- Polygone de sustentation
- Oscillations les pieds joints ou sur un seul pied
- Influence de l'occlusion des yeux
- Déviation des index
- Marche en étoile
- Résistance à la rétropulsion

4) Reste de l'examen neurologique :

- Déficit moteur, sensitif, visuel, auditif
- Anomalie des réflexes
- Signes cérébelleux, nystagmus, signes oculomoteurs
- Syndrome parkinsonien, mouvements anormaux
- Troubles du comportement, de l'humeur, ...

5) Examen ostéo-articulaire et général :

- Recherche de points douloureux et mobilité des régions lombaires et des membres inférieurs
- Pouls périphériques

6) Examens complémentaires :

En fonction de l'interrogatoire et de l'examen:

- Examen ophtalmologique et ORL;
- Électromyogramme (EMG);
- Potentiels évoqués somesthésiques;
- TDM ou IRM du cerveau;
- Radiographies ou TDM lombaires;
- Radiographies bassin, hanches, genoux;
- IRM moelle épinière;
- Ponction lombaire
- Doppler artériel membres inférieurs, examens biologiques

□ Les tests de marche

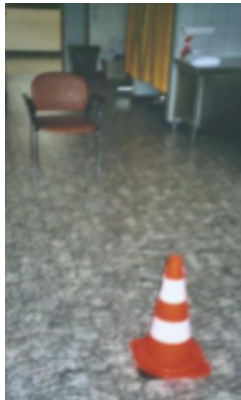
Dispositifs d'analyse de la marche

❖ Get Up & Go Test

- Equilibre assis droit sur une chaise à dossier
- Transfert assis debout
- Equilibre debout
- Marche 3 mètres
- Demi-tour
- Tour de la chaise
- Transfert debout assis

Epreuve cotée de 1 à 5
1 = pas d'instabilité
5 = risque permanent de chute
Score > 3

❖ Timed up & go test



- < 20 sec : bonne mobilité
- < 14 sec : faible risque de chute
- > 30 sec : dépendance pour la mobilité

❖ Test de Tinetti modifié

Le patient est assis sur une chaise sans accoudoirs :	
1. Equilibre assis sur la chaise 0 = se penche sur le côté, glisse de la chaise 1 = sûr, stable	<input type="checkbox"/>
On demande au patient de se lever, si possible sans s'appuyer sur les accoudoirs :	
1. Se lever 0 = impossible sans aide 1 = possible, mais nécessite l'aide des bras 2 = possible sans les bras	<input type="checkbox"/>
2. Tentative de se lever 0 = impossible sans aide 1 = possible, mais plusieurs essais 2 = possible lors du premier essai	<input type="checkbox"/>
3. Equilibre immédiat debout (5 premières secondes) 0 = instable (chancelant, oscillant) 1 = sûr, mais nécessite une aide technique debout 2 = sûr sans aide technique	<input type="checkbox"/>
Test de provocation de l'équilibre en position debout :	
4. Equilibre lors de la tentative debout pieds joints 0 = instable 1 = stable, mais avec pieds largement écartés (plus de 10 cm) ou nécessite une aide technique 2 = pieds joints, stable	<input type="checkbox"/>
6. Poussées (sujets pieds joints, l'examineur le pousse légèrement sur le sternum à 3 reprises) 0 = commence à tomber 1 = chancelant, s'agrippe, et se stabilise 2 = stable	<input type="checkbox"/>
7. Yeux fermés 0 = instable 1 = stable	<input type="checkbox"/>
Le patient doit se retourner de 360° :	
8. Pivotement de 360° 0 = pas discontinus 1 = pas continus	<input type="checkbox"/>
9. Pivotement de 360° 0 = instable (chancelant, s'agrippe) 1 = stable	<input type="checkbox"/>

Le patient doit marcher au moins 3 mètres en avant, faire demi-tour et revenir à pas réguliers vers la chaise. Il doit utiliser son aide technique habituelle (canne ou déambulateur) :	
10. Initiation de la marche (immédiatement après le signal du départ) 0 = hésitations ou plusieurs essais pour partir 1 = aucune hésitation	<input type="checkbox"/>
11. Longueur du pas - le pied droit balance 0 = ne dépasse pas le pied gauche en appui 1 = dépasse le pied gauche en appui	<input type="checkbox"/>
12. Hauteur du pas - le pied droit balance 0 = le pied droit ne décolle pas complètement du sol 1 = le pied droit décolle complètement du sol	<input type="checkbox"/>
13. Longueur du pas - le pied gauche balance 0 = ne dépasse pas le pied droit en appui 1 = dépasse le pied droit en appui	<input type="checkbox"/>
14. Hauteur du pas - le pied gauche balance 0 = le pied gauche ne décolle pas complètement du sol 1 = le pied gauche décolle complètement du sol	<input type="checkbox"/>
15. Symétrie de la marche 0 = la longueur des pas droit et gauche semble égale 1 = la longueur des pas droit et gauche semble identique	<input type="checkbox"/>
16. Continuité des pas 0 = arrêt ou discontinuité de la marche 1 = les pas paraissent continus	<input type="checkbox"/>
Écartement du chemin (observé sur une distance de 3 m) 0 = déviation nette d'une ligne imaginaire 1 = légère déviation, ou utilisation d'une aide technique 2 = pas de déviation sans aide technique	<input type="checkbox"/>
Stabilité du tronc 0 = balancement net ou utilisation d'une aide technique 1 = pas de balancement, mais penché ou balancement des bras 2 = pas de balancement, pas de nécessité d'appui sur un objet	<input type="checkbox"/>
Largeur des pas 0 = polygone de marche élargi 1 = les pieds se touchent presque lors de la marche	<input type="checkbox"/>
Le patient doit s'asseoir sur la chaise :	
17. S'asseoir 0 = non sécuritaire, juge mal les distances, se laisse tomber sur la chaise 1 = utilise les bras ou n'a pas un mouvement régulier 2 = sécuritaire, mouvement régulier	<input type="checkbox"/>
SCORE MAXIMUM = 28 points	

Interprétation:

< 20 points risque de chute très élevé
20-23 points risque de chute élevé
24-27 points risque de chute peu élevé
28 points: normal

❖ Les dispositifs spécifiques d'analyse de la marche

- **Le chronométrage du sujet sur une distance donnée : vitesse spontanée, vitesse maximale.**

- **Les systèmes baropodométriques par capteurs plantaires** (semelles embarquées dans les chaussures munies de nombreux capteurs)

⇒ caractériser des **anomalies podologiques**

⇒ orienter la **confection d'orthèses plantaires**.

Les principaux dispositifs sont **F-ScanR**, **FootscanR** et **EmedR**.

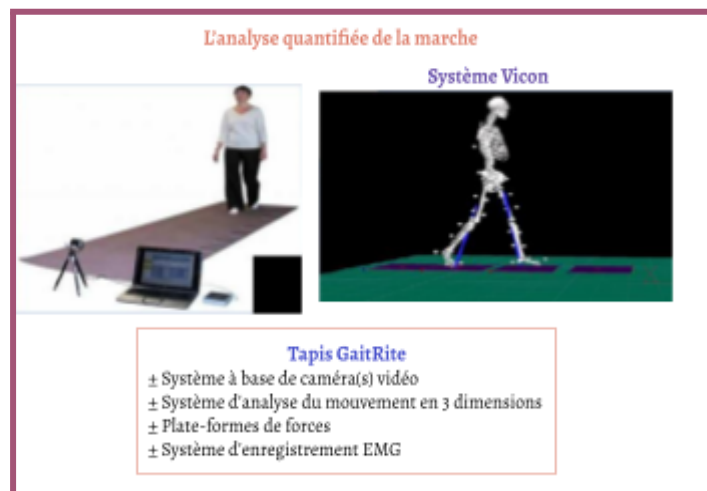


- **Les systèmes filaires (LocometreR/WalkmeterR)** : l'avant ou l'arrière du pied du patient est relié par un fil à un enregistreur de mouvement pendant une dizaine de mètres de marche

- **Les tapis ou piste de marche (GAIT-RiteR)** : permettent l'analyse de l'ensemble des paramètres spatio-temporels du cycle de marche, y compris la largeur du pas.
⇒ tapis dans lequel sont disposés de très nombreux capteurs de force (mesure des pressions plantaires)

- **L'accéléromètre tri-axial** : basée sur l'utilisation d'accéléromètres, pour détecter respectivement les accélérations linéaires, angulaires et les inclinaisons, en différents points du corps.

- **L'analyse optocinétique, ou 3D** : dispositif d'analyse cinématique composé de 6 caméras infrarouges (ViconR, Motion AnalysisR et EliteR)



❖ Evaluation de la vitesse de marche

- **Standardisation du test de marche :**

- Distance = 4 mètres
- Départ arrêté
- Marche habituelle
- Pas de conseil particulier

- **Cutoffs pour la vitesse de marche**

- **> 1.0 m/s** = vieillissement réussi
- **< 0.6 m/s** prédictif d'un état de santé altérée et d'un déclin fonctionnel

- **La vitesse de marche = marqueur de fragilité**

❖ **Etude de la variabilité de la marche**

- Variabilité de la marche = Fluctuations d'un pas à l'autre
- L'oeil humain ne détecte pas les petites variations
- **Evaluation** : Amplitude calculée à partir du coefficient de variation

$$= (\text{écart-type} / \text{moyenne}) \times 100$$
 - **Longueur du pas**
 - **vitesse de marche**
 - **cadence**
- Variabilité plus élevée chez les sujets âgés
- Variabilité de la marche = marqueur du risque de chute

❖ **Les tests en double tâche**

- **Stop walking when talking test**
- **Mesure de la vitesse de marche (10m)**
 - En situation normale
 - Avec exécution d'une tâche manuelle (ex; port d'un verre)
 - Avec exécution d'une tâche « intellectuelle » (ex : compter à l'envers de 2 en 2 à partir de 30)
 - Avec une tâche manuelle et une tâche intellectuelle

□ **Principales catégories de troubles de la marche**

- 1) Démarches déficitaires
- 2) Démarches ataxiques
- 3) Troubles de marche et d'équilibre extrapyramidaux (syndromes parkinsoniens,...)
- 4) Autres troubles de marche et d'équilibre d'origine neurologique
- 5) Démarches douloureuses
- 6) Troubles de marche d'origine psychogène

□ **Prise en charge thérapeutique**

■ **Dépend directement des problèmes identifiés**

- ⇒ Importance de l'étape diagnostique
- ⇒ Traitement des maladies sous-jacentes

■ **Supprimer ou limiter les facteurs aggravants** : alcool, iatrogénie, douleur...

■ **S'assurer d'un bon chaussage**

■ **Kinésithérapie**

- Tenir compte des comorbidités, du déconditionnement
- Renforcement musculaire
- Travail proprioceptif
- Travail de la posture et de l'équilibre
- Travail de la marche ± aides techniques

■ **Prise en charge comportementale** : réassurance

■ **Prise en charge- particularités**

- Développement d'activités physiques spécifiques **basées sur le rythme** pour améliorer la marche et diminuer le risque de chutes
- Exemple : rythmique Jacques Dalcroz

