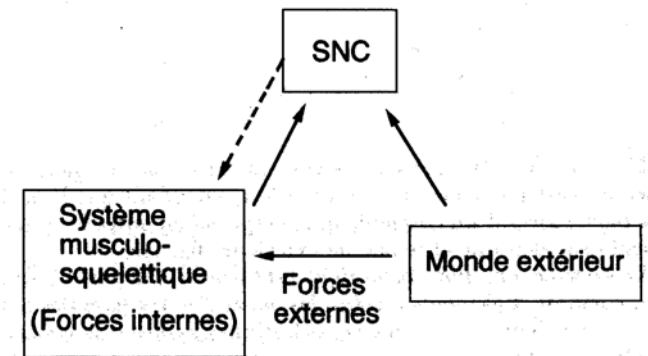


**CONTRÔLE DE L'EQUILIBRE ET DU  
MOUVEMENT :  
PATIENTS GONARTHROSIQUES  
AVANT ET APRES ARTHROPLASTIE  
TOTALE DE GENOU**

# Introduction

Réalisation d'une tâche motrice  
impliquant les membres inférieurs :

- Système nerveux central
- Système musculo-squelettique
- Monde extérieur



- EMG
- Cinématique
- Forces

- Modélisation biomécanique
  - Dynamique inverse
  - Dynamique directe
- Analyse mathématique
  - Corrélations
  - Composantes principales
  - etc ...

# Introduction

Réalisation d'une tâche motrice  
impliquant les membres inférieurs :

- Résultat d'un processus d'apprentissage
- Résultat de processus adaptatifs en réponse à des modifications liées à des pathologies locomotrices (i.e. amputés) ou neurologiques (i.e; Parkinson).



Gonarthrose

## **Gonarthrose :**

douleurs,  
diminution des amplitudes articulaires  
et de la force musculaire,  
troubles de la proprioception.

# **GONARTHROSE**

- Lésions, Déficiences, Incapacités, Handicaps
- Evaluation des déficiences et des incapacités.

# Evaluation des incapacités

Echelles cliniques, vitesse confortable de marche, coût énergétique de la marche.

Analyse du mouvement (Berman et al. 1987, Messier et al. 1992).

**Evaluation globale : pas de différence entre côté sain et côté pathologique.**

Intérêt de l'étude des coordinations entre équilibre et mouvement des membres inférieurs

**Objectif : évaluation analytique des incapacités chez les patients gonarthrosiques.**

# **Coordination entre posture, équilibre et mouvement d'un membre inférieur**

Initiation du pas, pas latéral

Perturbations particulières, car le membre déplacé servait d'appui au sol.



# POSTURE

Position des différents segments du corps humain à un moment donné.

# Deux Fonctions (Massion, 1997)

- Antigravitaire :

Tonus postural

Maintien de l'équilibre: CG dans la  
surface d'appui

- Interface avec le monde extérieur:  
positions des segments corporels et du  
monde extérieur

# Coordination Posture et mouvement

Perturbation posturale :

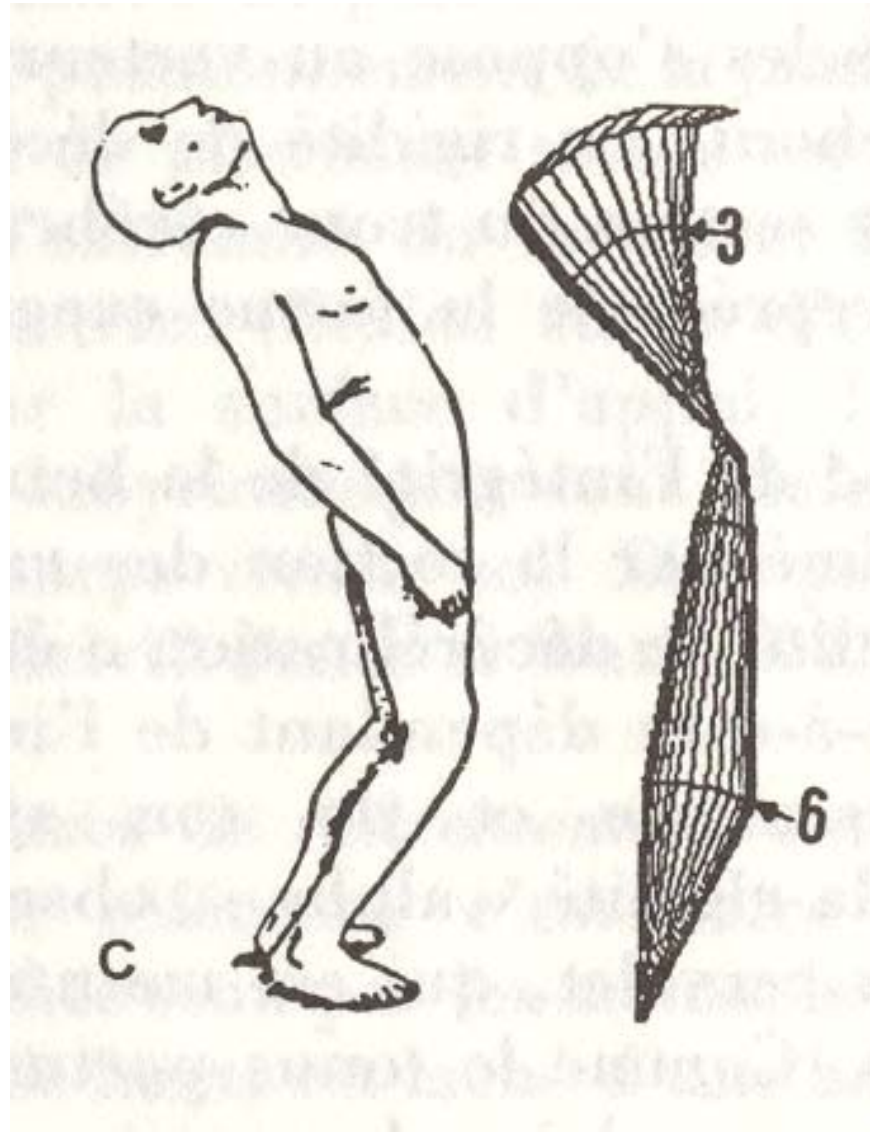
- réaction posturale : correction à posteriori
- ajustements posturaux anticipés (APA):  
correction avant la perturbation (résultats d'un apprentissage) associés au mouvement volontaire.

# Mouvement volontaire :

## 3 types de perturbations

- CG : Babinski
- Forces musculaires : activations EMG
- Mouvement d'un membre inférieur

APA résultats d'un apprentissage



BABINSKI 1899

# **Apprentissage moteur**

- Nouvelle habileté motrice (Hallett et al. 1996)
- Adaptation (Hallett et al. 1996)

# Automatisation

## Résultat de l'apprentissage

- Représentation mentale de l'acte à effectuer
- Rendre automatique la réalisation du mouvement.

## **Stratégies d'adaptation après lésions**

- Amputation de jambe (Aruin 1996, Mouchnino et al. 1998)
- Maladie de Parkinson (Viallet et al. 1987)
- Hémiplégie d'origine vasculaire (Hesse et al. 1997).



## **Stratégies d'adaptation**

- adaptation modifiant une habileté motrice déjà existante
- acquisition d'une nouvelle habileté motrice, liée au maintien prolongé de contraintes internes aboutissant à l'automatisation.

## Objectifs

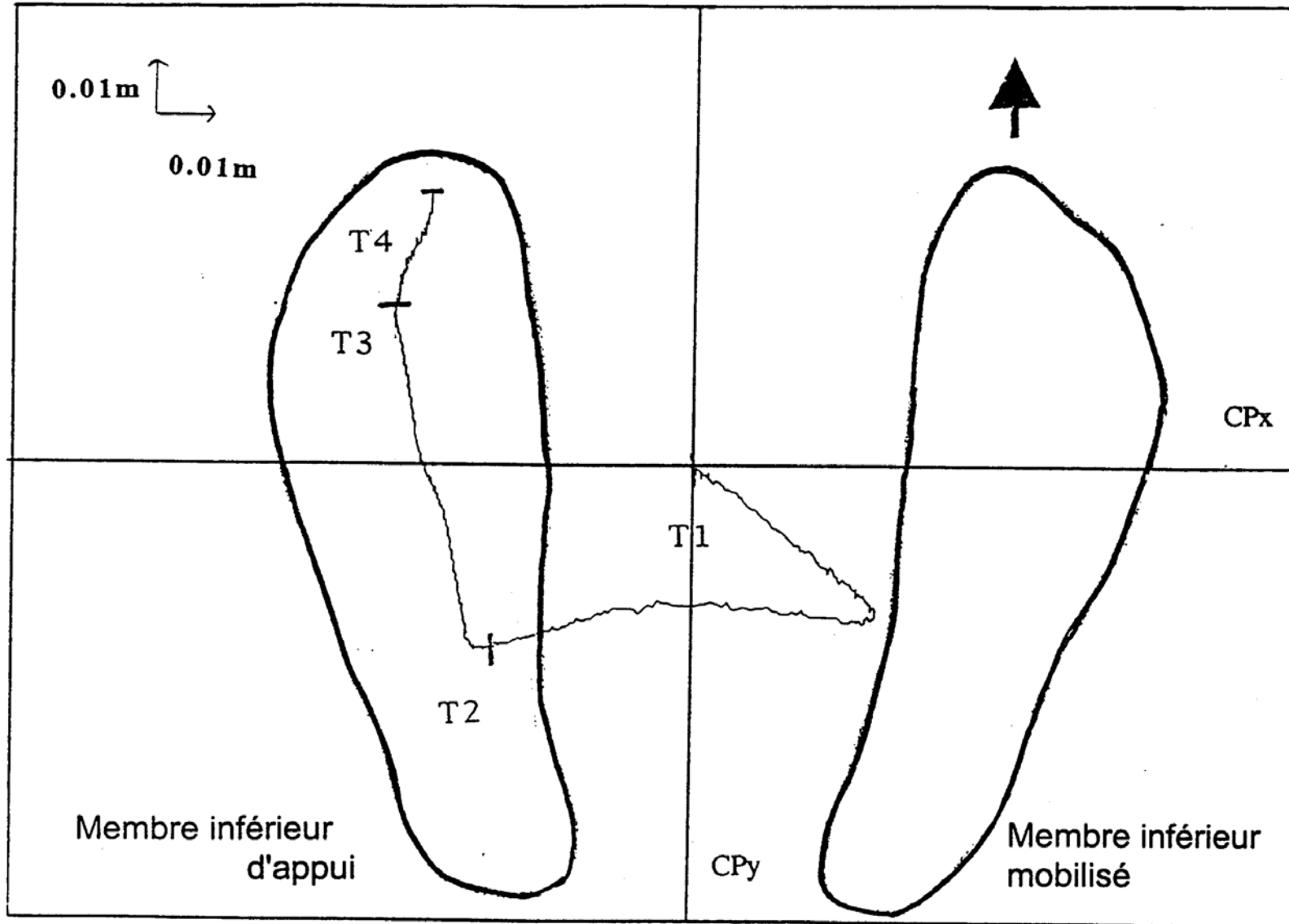
- Identifier chez des patients gonarthrosiques, les adaptations des stratégies de contrôle de l'équilibre et du mouvement > atteinte articulaire dégénérative
- Apprécier la finalité de ces adaptations.

## **Objectifs**

- Analyser les stratégies de contrôle de l'équilibre et du mouvement développées après mise en place d'une prothèse totale de genou.

Initiation du pas :  
résultat d'un apprentissage

Adaptation en cas de modifications des  
contraintes internes comme dans la gonarthrose.



# Population

Patients gonarthrosiques :

Critères d'inclusion : gonarthrose unilatérale, indication d'arthroplastie de genou.

Critères d'exclusion : gonarthrose controlatérale symptomatique, toute pathologie pouvant retentir sur la station debout et la locomotion.

## **Population**

12 patients, 5 hommes et 7 femmes, 69 ans (46-81)

Poids : 76,1 +/- 12,2 kg

Taille : 1,66 +/- 0,09 m

Score HSS moyen : 59 (16 à 76)

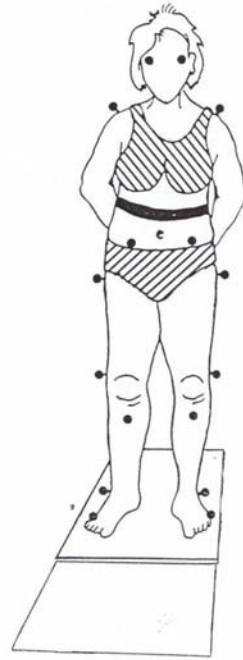
Secteur de mobilité genou pathologique : 101 +/- 20°

Secteur de mobilité genou sain : 130 +/- 5°

12 sujets sains, 6 hommes et 6 femmes, 71 ans (66-78)

Poids : 64 +/- 12,8 kg

Taille : 1,64 +/- 0,1 m.





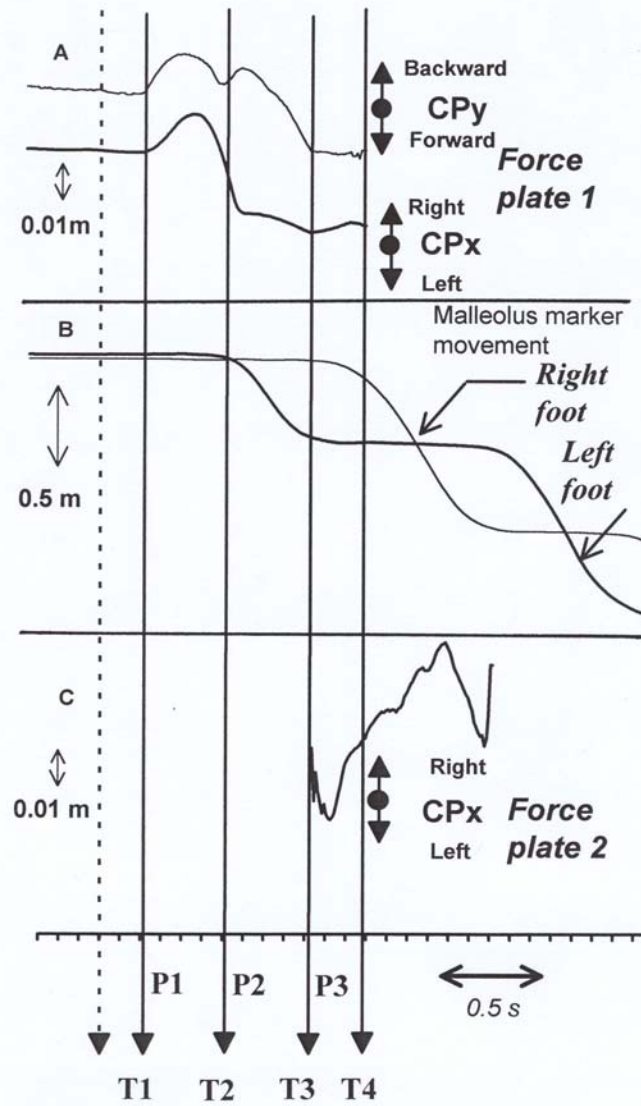
# Analyse chronométrique

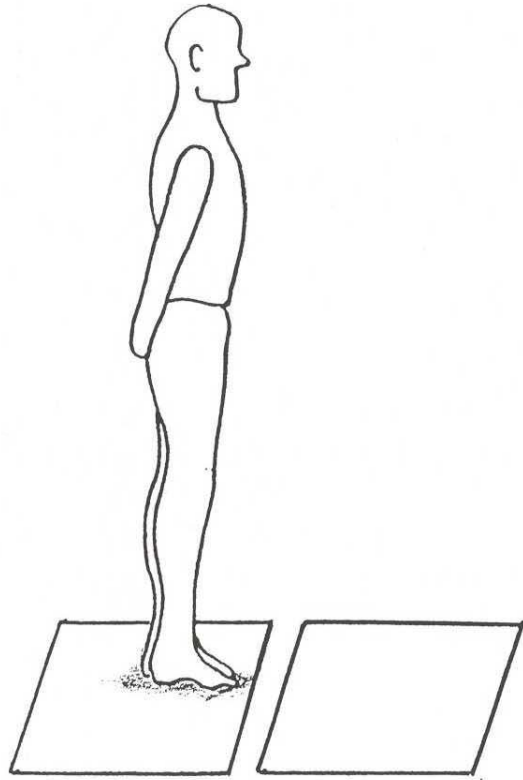
Phase posturale (P1)

Phase monopodale (P2)

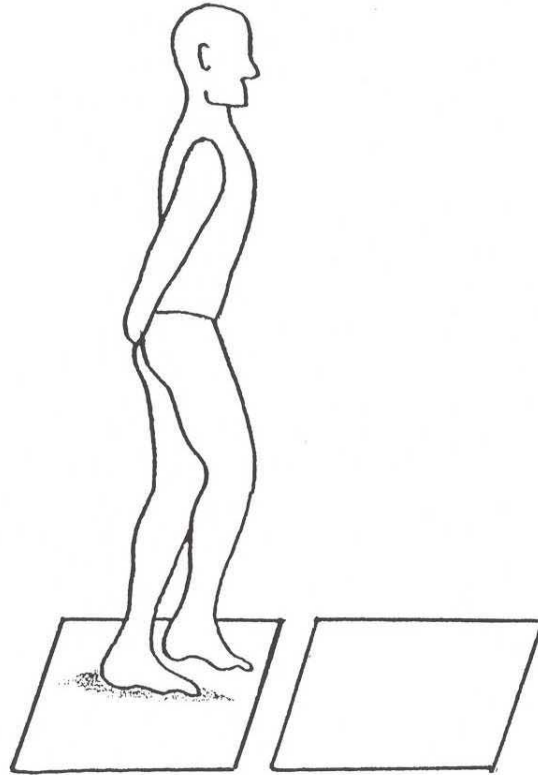
Phase de double appui (P3)

Durée totale du mouvement

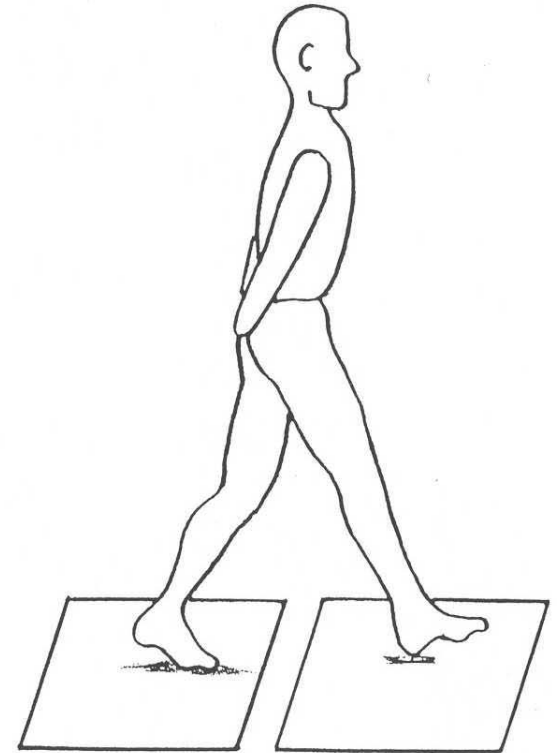




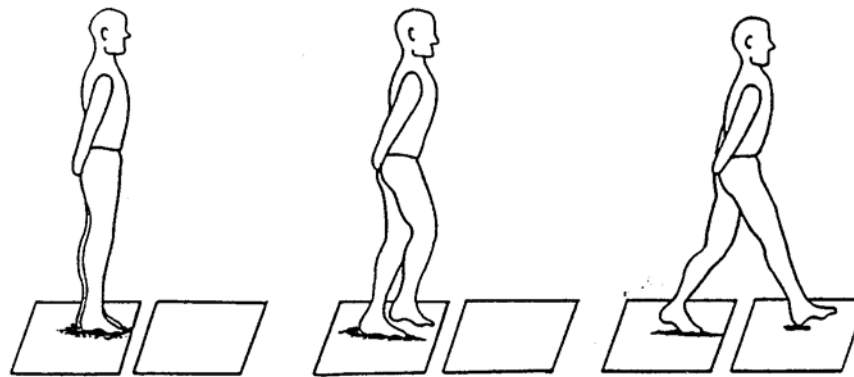
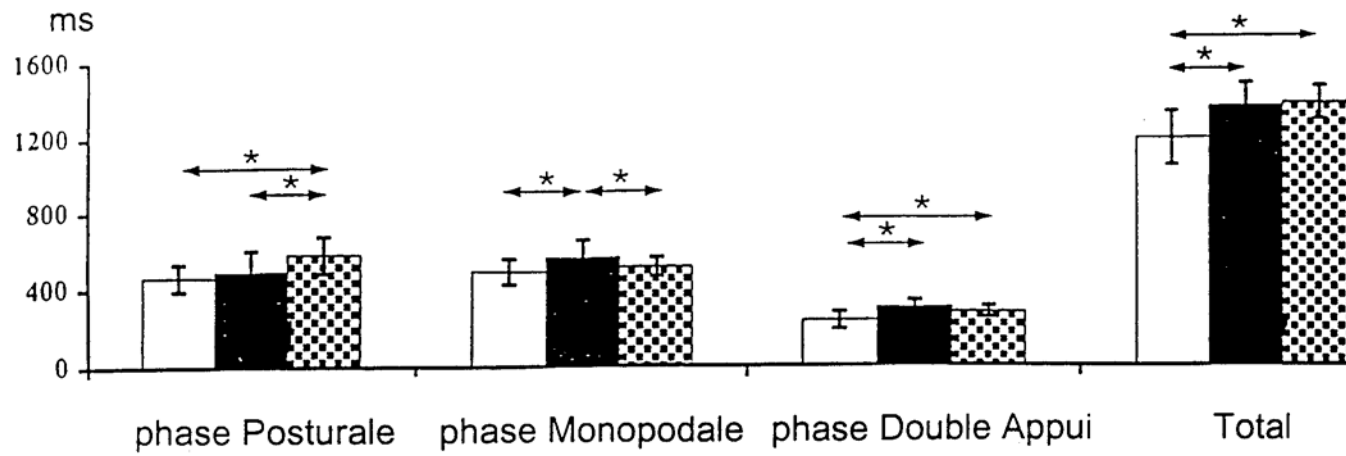
POSTURAL PHASE



MONOPODAL PHASE



DOUBLE SUPPORT PHASE



## **Paramètres cinétiques**

Déplacement du centre de pression dans le plan frontal (CPx) et dans le plan sagittal (CPy)

Forces propulsives de réaction du sol

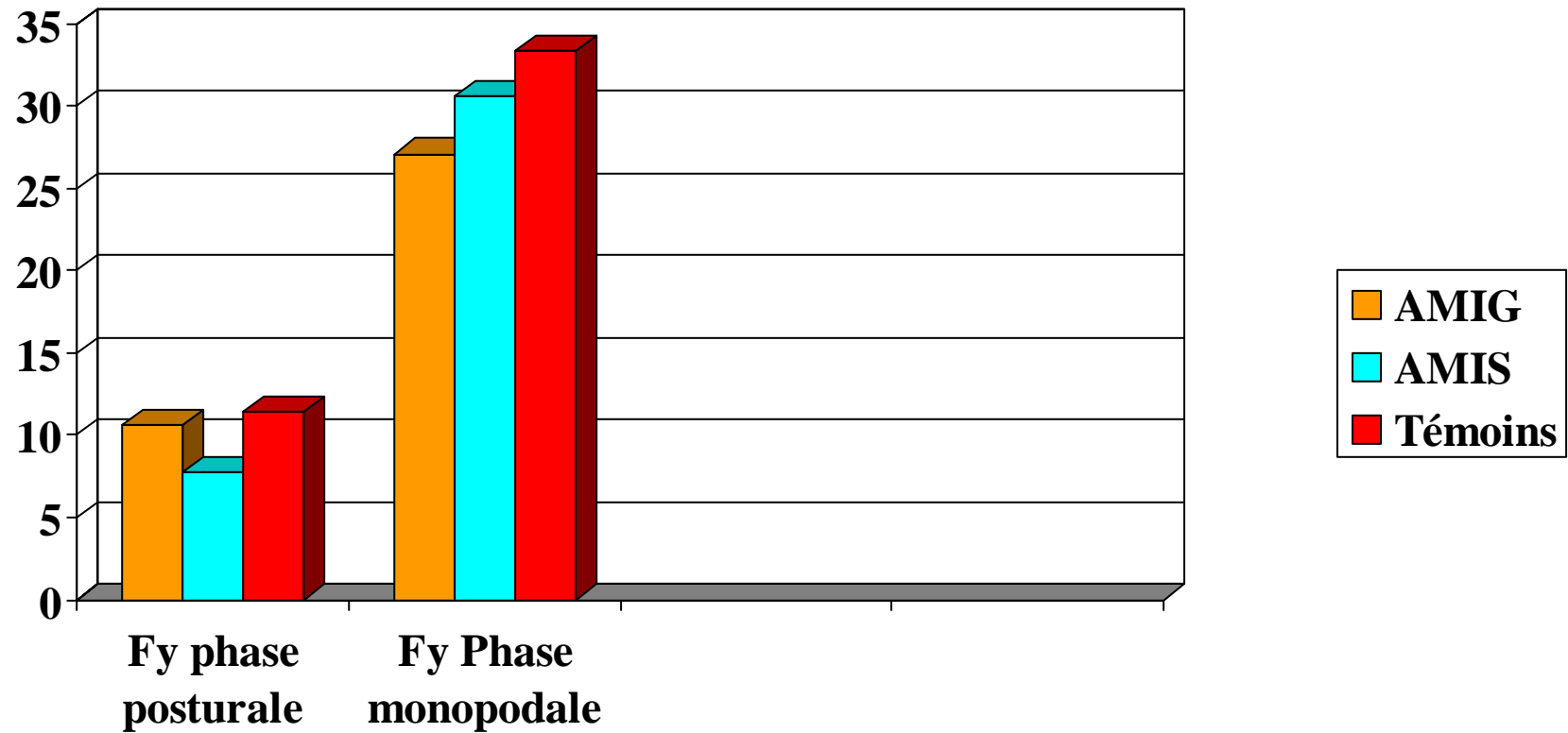
## **Paramètre cinématique**

Le secteur de mobilité utilisé par le genou.

|                  |             | <b>Patients<br/>AMIG</b> | <b>Patients<br/>AMIS</b> | <b>Contrôles</b> |
|------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| <b>CPx (mm.)</b> | <b>M.</b>   | <b>29.91</b>             | <b>32.44</b>             | <b>40.01</b>     |
|                  | <b>e.t.</b> | <b>10.32</b>             | <b>11.61</b>             | <b>13.89</b>     |
| <b>CPy (mm.)</b> | <b>M.</b>   | <b>37.9</b>              | <b>29.18</b>             | <b>43.4</b>      |
|                  | <b>e.t.</b> | <b>17.59</b>             | <b>14.63</b>             | <b>10.59</b>     |

Déplacement du centre de pression dans le plan frontal (CPx) et dans le plan sagittal (Cpy).

# Forces propulsives



| <b>Secteur de mobilité utilisé * (degrés)</b> |             | <b>Patients Genou pathologique</b> | <b>Patients Genou sain</b> | <b>Contrôles</b> |
|---|-------------|------------------------------------|----------------------------|------------------|
| <b>Membre inférieur d'appui</b>               | <b>M.</b>   | <b>21.68</b>                       | <b>38.09</b>               | <b>35.96</b>     |
|   | <b>e.t.</b> | <b>3.62</b>                        | <b>6.36</b>                | <b>3.45</b>      |
| <b>Membre inférieur déplacé</b>               | <b>M.</b>   | <b>25.79</b>                       | <b>42.56</b>               | <b>40.85</b>     |
|   | <b>e.t.</b> | <b>3.18</b>                        | <b>3.7</b>                 | <b>4</b>         |

Secteur de mobilité de genou



Nouvelles stratégies de contrôle de  
l'équilibre et du mouvement  
Raccourcissement de la phase d'appui  
monopodal.

## **Effets généraux**

Durée totale du mouvement

Durée combinée de la phase posturale et  
de la phase monopodale

Secteur de mobilité de genou.

## Effets spécifiques

Stratégie asymétrique

Phase posturale + longue pour pas AMIG

Phase monopodale + courte pour pas AMIG.

## Mécanismes sous-jacents

Allongement de la phase posturale  
(i.e. en appui bipédal)

Augmentation des forces propulsives de  
réaction du sol  $F_y$  et des appuis exercés  
pendant la phase posturale (CPy)

## **Pas latéral**

Mouvement dans le plan frontal  
Pas de composante propulsive.

# Population

Patients gonarthrosiques :

Critères d'inclusion : gonarthrose unilatérale, indication d'arthroplastie de genou.

Critères d'exclusion : gonarthrose controlatérale symptomatique, toute pathologie pouvant retentir sur la station debout et la locomotion.

## **Population**

10 patients, 5 hommes et 5 femmes, 66 ans (46-77)

Poids : 75,4 +/- 13,1 kg

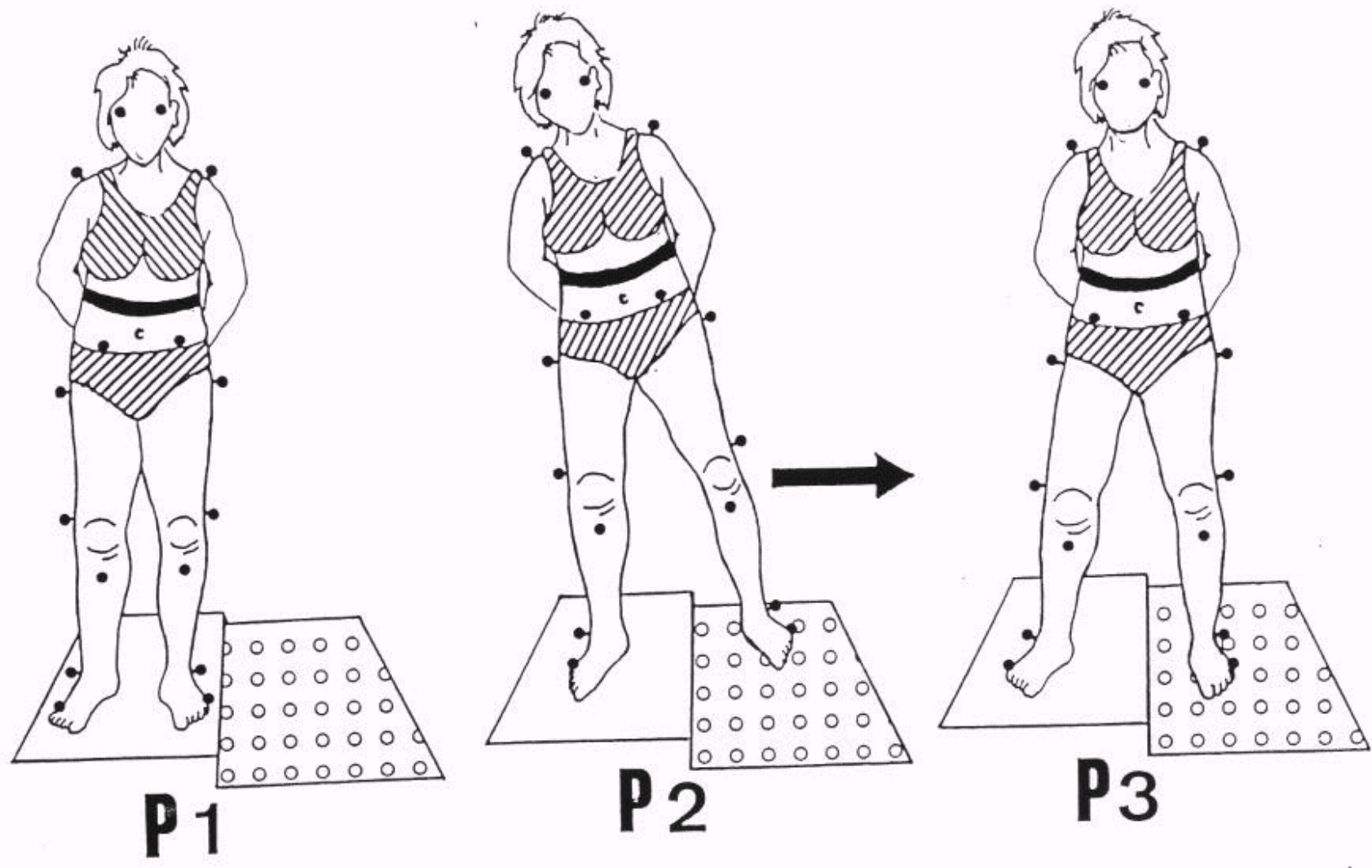
Taille : 1,67 +/- 0,1 m

Score HSS moyen (56) (16 à 76)

12 sujets sains, 6 hommes et 6 femmes, 71 ans (66-78)

Poids : 64 +/- 12,8 kg

Taille : 1,64 +/- 0,1 m.





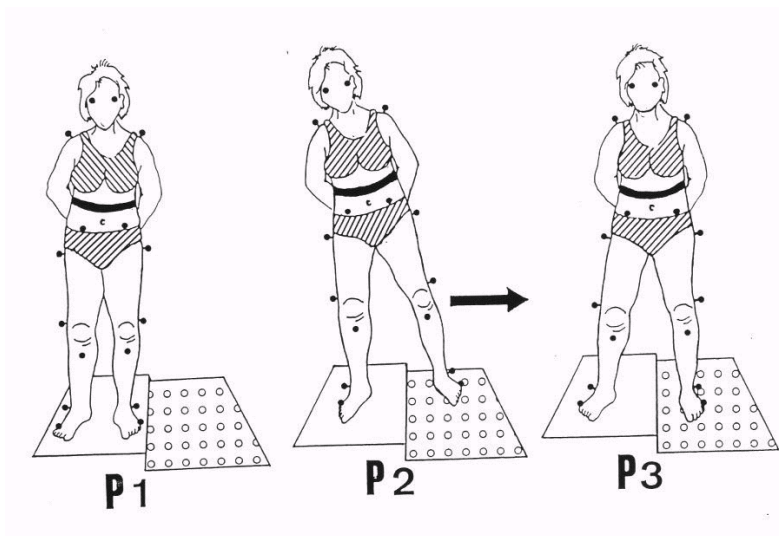
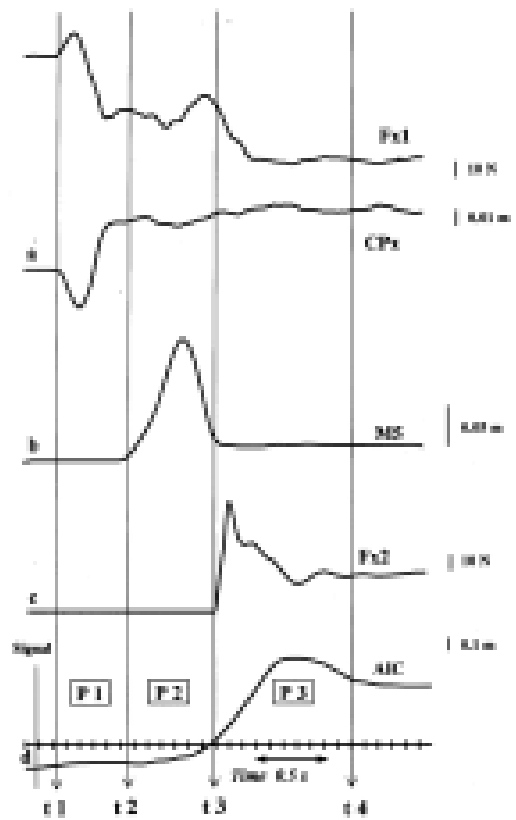
# Analyse chronométrique

Phase posturale (P1)

Phase monopodale (P2)

Phase de réception-stabilisation (P3)

Durée totale du mouvement.



|                     | <b>Pas AMIG</b>         | <b>Pas AMIS</b>         | <b>test</b>         |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>P1</b>           | <b>430</b> + /-91,6     | <b>303,3</b> + /-54     | <b>p&lt; 0,0036</b> |
| <b>P2</b>           | <b>519,3</b> + /-36,8   | <b>581,5</b> + /-64,3   | <b>p&lt; 0,0404</b> |
| <b>P3</b>           | <b>1054,2</b> + /-103,2 | <b>1056,8</b> + /-116,5 | <b>NS</b>           |
| <b>Durée totale</b> | <b>2003,1</b> + /-142,6 | <b>1941,5</b> + /-178,2 | <b>NS</b>           |

## PATIENTS AMIG/TEMOINS

|                     | <b>AMIG</b>   | <b>Tous pas</b> | <b>test</b>         |
|---------------------|---------------|-----------------|---------------------|
| <b>P1</b>           | <b>430</b>    | <b>287,9</b>    | <b>p&lt; 0,0007</b> |
| <b>P2</b>           | <b>519,3</b>  | <b>603,2</b>    | <b>p&lt; 0,0108</b> |
| <b>P3</b>           | <b>1054,2</b> | <b>809</b>      | <b>p&lt; 0,0001</b> |
| <b>Durée totale</b> | <b>2003,5</b> | <b>1700</b>     | <b>p&lt; 0,0001</b> |

|                              |
|------------------------------|
| <b>PATIENTS AMIS/TEMOINS</b> |
|------------------------------|

|                     | <b>AMIS</b>   | <b>Tous pas</b> | <b>test</b>         |
|---------------------|---------------|-----------------|---------------------|
| <b>P1</b>           | <b>303,3</b>  | <b>287,9</b>    | <b>NS</b>           |
| <b>P2</b>           | <b>582,5</b>  | <b>603,2</b>    | <b>NS</b>           |
| <b>P3</b>           | <b>1056,8</b> | <b>809</b>      | <b>p&lt; 0,0001</b> |
| <b>Durée totale</b> | <b>1941,5</b> | <b>1700</b>     | <b>p&lt; 0,0014</b> |

## Paramètres cinétiques

Déplacement du centre de pression dans le plan frontal ( $CP_x$ )

Forces horizontales de réaction du sol dans le plan frontal ( $F_x$ ).

|      | Déplacement CPx<br>(mm) | Déplacement CPx<br>(mm) |
|------|-------------------------|-------------------------|
|      | Pas AMIG                | Pas AMIS                |
| M    | 22.77                   | 12.88                   |
| e.t. | 5.83                    | 6.2                     |

Déplacement du centre de pression chez les patients.

|      | $F_x$ (N) | $F_x$ (N) |
|------|-----------|-----------|
|      | Pas AMIG  | Pas AMIS  |
| M    | 17.87     | 9.95      |
| e.t. | 12.9      | 6.77      |

Forces horizontales  $F_y$



## **Effets généraux**

Durée totale du mouvement

Longueur du pas latéral

## Effets spécifiques

Stratégie asymétrique.

Phase posturale + longue pour les pas en appui sur le côté gonarthrosique (AMIG).

Phase monopodale + courte pour les pas en appui sur le côté gonarthrosique.

Nouvelle stratégie de contrôle de l'équilibre et du mouvement.

Diminution du temps d'appui monopodal sur le membre inférieur gonarthrosique.

## **Mécanisme sous-jacent**

Augmentation des forces horizontales dans le plan frontal  $F_x$  pour les pas en appui sur le membre inférieur gonarthrosique.

Etude du pas latéral chez des patients  
gonarthrosiques en postopératoire :

Les stratégies de contrôle de l'équilibre et du mouvement développées chez les patients gonarthrosiques persistent-elles après arthroplastie totale de genou ?

# **Arthroplastie totale de genou**

Disparition de la douleur.

Troubles de la proprioception, diminution de la force musculaire.

Difficultés de l'évaluation fonctionnelle.

## Population

8 patients ont été inclus dans cette étude,

5 hommes et 3 femmes, âge moyen 67 ans (46-77)

Poids : 78,1 +/- 15,9 kg

Taille moyenne : 1,68 +/- 0,1 m

Score HSS : en pré-op 59,1 +/- 10,15 et en post-op 80,8 +/- 8,4

EVA de douleur 49 +/- 9 mm en pré-op et 7 +/- 9 mm en post-op

12 sujets sains, 6 hommes et 6 femmes, 71 ans (66-78)

Poids : 64 +/- 12,8 kg

Taille : 1,64 +/- 0,1 m

# **Population**

Population homogène.

Même chirurgien, même technique, même type de prothèse.

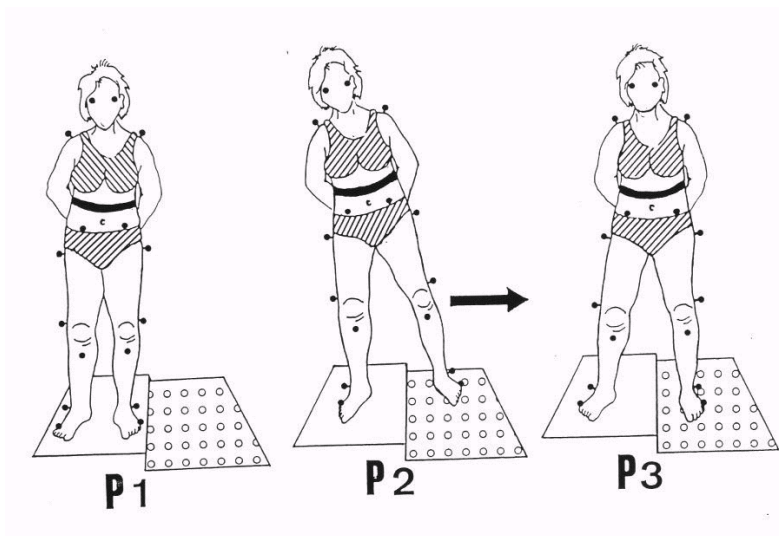
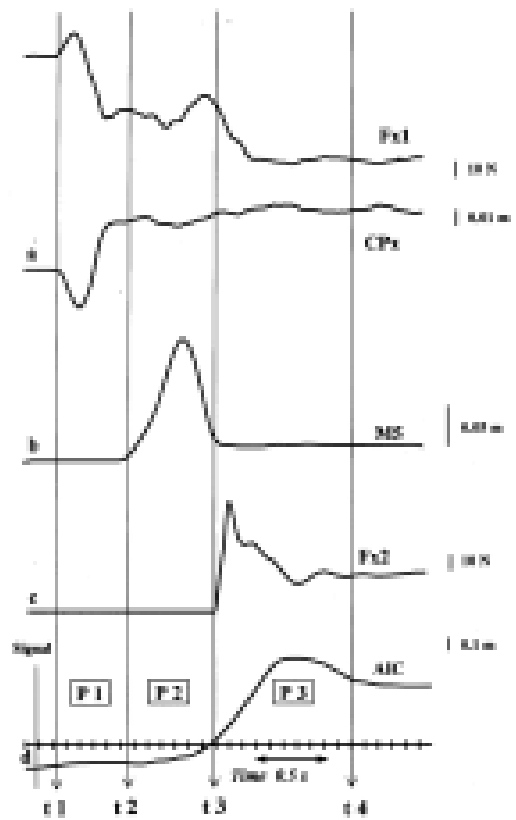
Bon résultat chirurgical selon les critères du score HSS et EVA.



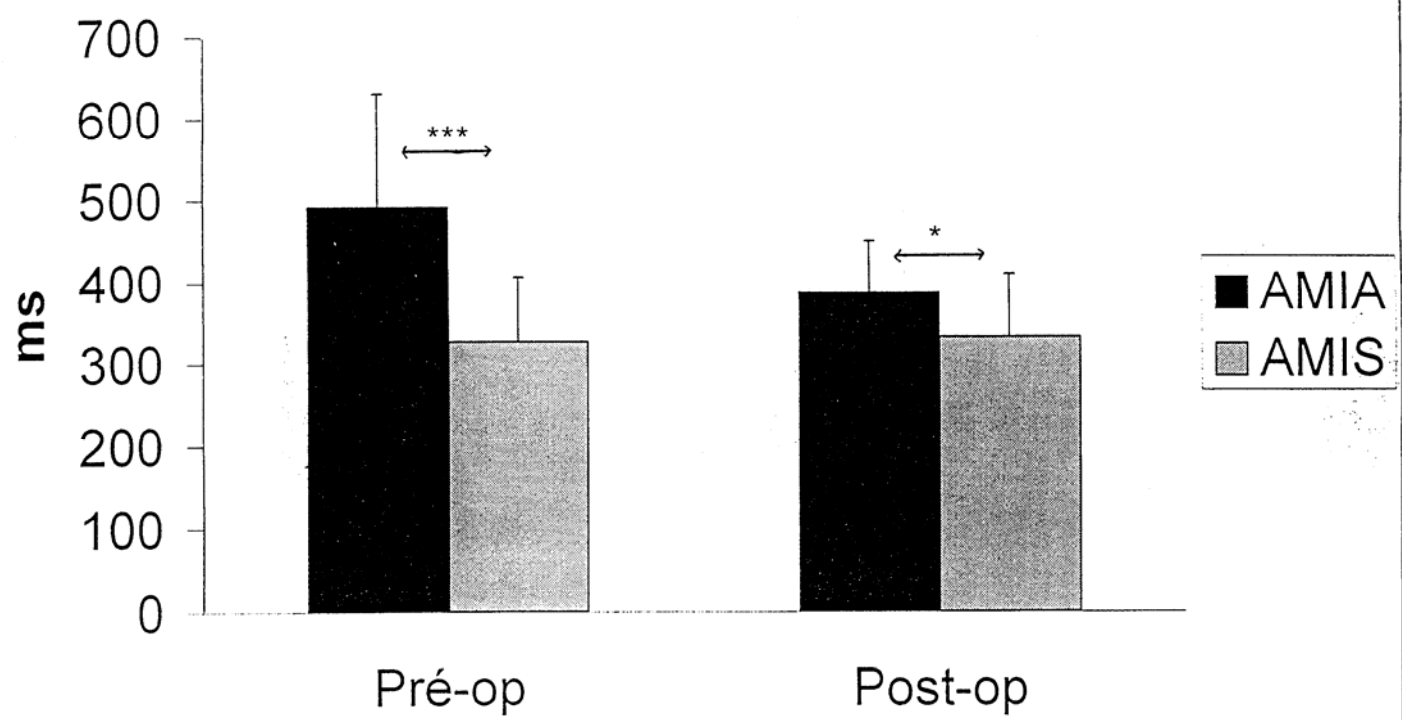
## **Procédure expérimentale**

Evaluation clinique EVA, score HSS.

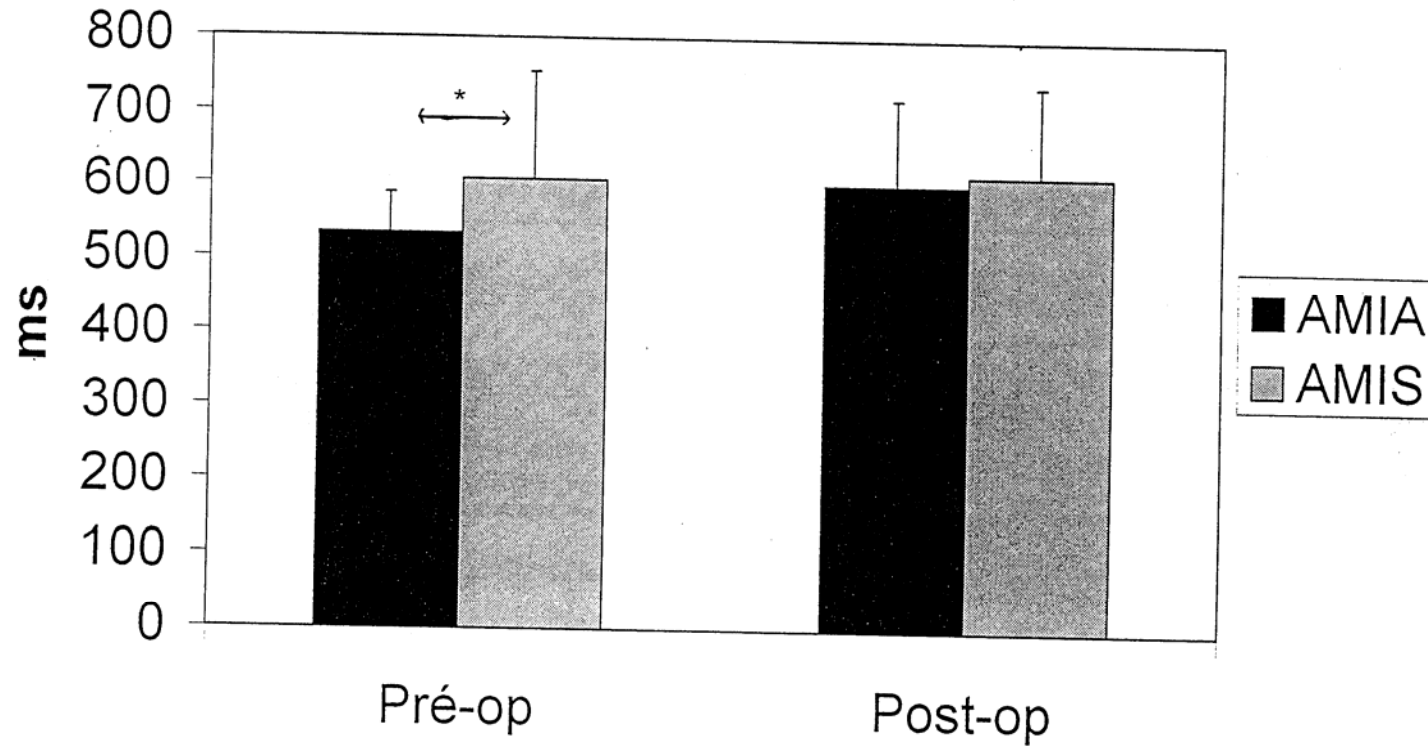
Enregistrement 15 jours avant et 1 an après l'intervention.



# PHASE POSTURALE



## PHASE MONOPODALE



## **Phase de réception-stabilisation**

### **Durée totale du mouvement**

Plus longues patients / témoins  
quel que soit le côté de l'appui.

## **Phase monopodale**

Valeurs analogues pour les pas en appui sur le côté opéré et pour les pas en appui sur le côté sain.

## **Phase posturale**

Plus longue pour les pas en appui sur le côté atteint que pour les pas en appui sur le côté sain.

## **Phase de réception-stabilisation et la durée totale du mouvement**

Plus longues chez les patients que chez les témoins quel que soit le côté de l'appui.

## **Récupération complète**

Durée de la phase d'appui monopodal.

## **Récupération incomplète**

Durée de la phase posturale.

## **Absence de récupération**

Durée de la phase finale de réception-stabilisation, durée totale du mouvement.

Modifications significatives des stratégies  
de contrôle de l'équilibre et du mouvement  
après arthroplastie totale de genou :  
Phase monopodale.



Persistance de certaines asymétries.  
Automatisation de la stratégie d'adaptation  
construite par apprentissage par le patient  
gonarthrosique en préopératoire.

Analyses préopératoires

Stratégies adaptatives de contrôle de l'équilibre et du mouvement :

Effets généraux au cours du pas latéral et de l'initiation du pas.

Effets spécifiques au cours du pas latéral et de l'initiation du pas.

**Effets généraux aux cours du pas latéral et de l'initiation du pas**

Durée totale du mouvement allongée.

**Réorganisation globale du contrôle de l'équilibre et du mouvement indépendante du côté de la lésion.**

## **Effets spécifiques aux cours du pas latéral et de l'initiation du pas**

Asymétrie de durée de la phase posturale et de la phase monopodale en fonction du côté de l'appui. Phase posturale allongée pour les pas en appui sur le côté gonarthrosique.

Phase monopodale raccourcie pour les pas en appui sur le côté gonarthrosique.

## **Finalité de cette stratégie adaptative**

Diminuer le temps pendant lequel le genou pathologique supporte la totalité du poids du corps.

# Mécanismes sous-jacents

Pas latéral : augmentation des forces horizontales  
→ accélération du centre de gravité plus importante.

Initiation du pas : allongement de la phase posturale, augmentation des forces propulsives pendant la phase posturale et diminution des forces propulsives pendant la phase monopodale.

## Analyses postopératoires

Evolution des stratégies adaptatives après disparition des contraintes internes liées à l'atteinte articulaire dégénérative.

Paramètres modifiés de façon significative.

Paramètres inchangés de façon durable  
(12 mois après la chirurgie).

Stratégies d'adaptation construites par  
apprentissage par le patient gonarthrosique  
en préopératoire = acquisition d'une  
nouvelle habileté motrice ?

Stratégies automatisées.



## **Autres facteurs :**

L'implant articulaire :

genou prothétique  $\neq$  genou normal.

Persistance de déficiences,

à distance de l'intervention.

# **Intérêt clinique**

Evaluation

Programme de rééducation.

# Conclusions

- 1 - Lésions articulaires focales :**  
réorganisation générale du contrôle de l'équilibre et du mouvement.
- 2 - Gonarthrose unilatérale :** stratégies adaptatives asymétriques de contrôle de l'équilibre et du mouvement.
- 3 - Evolution de ces stratégies après arthroplastie de genou.**

## Conclusions

**4** - Nouveaux critères d'évaluation des incapacités et de quantification des résultats de la chirurgie prothétique du genou.

**5** - Persistance d'asymétries pouvant témoigner d'un processus d'automatisation dû au maintien prolongé des contraintes liées à la gonarthrose avant l'intervention.