



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

ANNEE 2025

THESE N°352

L'intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

THESE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 26/11/ 2025

PAR

Mme. BOUNOUAR Rime

Née le 19 juillet 1999 à Marrakech

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

Mots clés

Gonarthrose - Analyse - Marche - Cinématique - Cinétique

JURY

Mr.	I. ABKARI Professeur de Traumato-orthopédie	PRESIDENT
Mme.	I. EL BOUCHTI Professeur de Rhumatologie	RAPPORTEURS
Mr.	Y. ABDEFETTAH Professeur de Rééducation et Réhabilitation Fonctionnelle	
Mr.	A. BENHIMA Professeur de Traumato-orthopédie	JUGES
Mr.	A. MOUGUI Professeur de Rhumatologie	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ الْحَيُّ الْقَيُّومُ

لَا تَأْخُذُهُ سِنَةٌ وَلَا نَوْمٌ

لَهُ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ

مَنْ ذَا الَّذِي يَشْفَعُ عِنْدَهُ إِلَّا بِإِذْنِهِ

يَعْلَمُ مَا بَيْنَ أَيْدِيهِمْ وَمَا خَلْفَهُمْ

وَلَا يُحِيطُونَ بِشَيْءٍ مِنْ عِلْمِهِ إِلَّا بِمَا شَاءَ

وَسِعَ كُرْسِيُّهُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ

وَلَا يَئُودُهُ حِفْظُهُمَا وَهُوَ الْعَلِيُّ الْعَظِيمُ ﴿٢٥٦﴾

وَقَدْ كَرِهَ اللَّهُ الْمُشْرِكِينَ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ

الْحَكِيمُ ﴿٣٢﴾

صَدِّقَ قَوْلِ اللَّهِ الْعَظِيمِ

سورة البقرة، الآية ٣٢.



Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.

Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.

Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.

Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.

Les médecins seront mes frères.

Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception. Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration Genève, 1948



Liste des professeurs



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

Doyens Honoraires : Pr. Badie Azzaman MEHADJI
: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI
: Pr. Mohammed BOUSKRAOUI

ADMINISTRATION

Doyen : Pr. Said ZOUHAIR
Vice doyen de la Recherche et la Coopération : Pr. Mohamed AMINE
Vice doyen des Affaires Pédagogiques : Pr. Redouane EL FEZZAZI
Vice doyen Chargé de la Pharmacie : Pr. Oualid ZIRAOU
Secrétaire Générale : Mr. Azzeddine EL HOUDAIGUI

LISTE NOMINATIVE DU PERSONNEL ENSEIGNANTS CHERCHEURS PERMANANT

N°	Nom et Prénom	Cadre	Spécialités
01	ZOUHAIR Said (Doyen)	P.E.S	Microbiologie
02	CHOULLI Mohamed Khaled	P.E.S	Neuro pharmacologie
03	BOUSKRAOUI Mohammed	P.E.S	Pédiatrie
04	KHATOURI Ali	P.E.S	Cardiologie
05	NIAMANE Radouane	P.E.S	Rhumatologie
06	AIT BENALI Said	P.E.S	Neurochirurgie
07	KRATI Khadija	P.E.S	Gastro-entérologie
08	SOUMMANI Abderraouf	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
09	RAJI Abdelaziz	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
10	SARF Ismail	P.E.S	Urologie
11	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	P.E.S	Ophtalmologie
12	AMAL Said	P.E.S	Dermatologie
13	ESSAADOUNI Lamiaa	P.E.S	Médecine interne
14	MANSOURI Nadia	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
15	MOUTAJ Redouane	P.E.S	Parasitologie
16	AMMAR Haddou	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie

17	CHAKOUR Mohammed	P.E.S	Hématologie biologique
18	EL FEZZAZI Redouane	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
19	YOUNOUS Said	P.E.S	Anesthésie-réanimation
20	BENELKHAIAT BENOMAR Ridouan	P.E.S	Chirurgie générale
21	ASMOUKI Hamid	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
22	BOUMZEBRA Drissi	P.E.S	Chirurgie Cardio-vasculaire
23	CHELLAK Saliha	P.E.S	Biochimie-chimie
24	LOUZI Abdelouahed	P.E.S	Chirurgie-générale
25	AIT-SAB Imane	P.E.S	Pédiatrie
26	GHANNANE Houssine	P.E.S	Neurochirurgie
27	OULAD SAIAD Mohamed	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
28	DAHAMI Zakaria	P.E.S	Urologie
29	EL HATTAOUI Mustapha	P.E.S	Cardiologie
30	AMINE Mohamed	P.E.S	Epidémiologie clinique
31	EL ADIB Ahmed Rhassane	P.E.S	Anesthésie-réanimation
32	ELFIKRI Abdelghani	P.E.S	Radiologie
33	ARSALANE Lamiae	P.E.S	Microbiologie-virologie
34	KAMILI El Ouafi El Aouni	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
35	MAOULAININE Fadl mrabih rabou	P.E.S	Pédiatrie (Néonatalogie)
36	MATRANE Aboubakr	P.E.S	Médecine nucléaire
37	ADMOU Brahim	P.E.S	Immunologie
38	CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	P.E.S	Radiologie
39	MANOUDI Fatiha	P.E.S	Psychiatrie
40	BOURROUS Monir	P.E.S	Pédiatrie
41	TASSI Noura	P.E.S	Maladies infectieuses
42	NEJMI Hicham	P.E.S	Anesthésie-réanimation
43	LAOUAD Inass	P.E.S	Néphrologie
44	FOURAIJI Karima	P.E.S	Chirurgie
45	BOUKHIRA Abderrahman	P.E.S	Biochimie-chimie
46	KHALLOUKI Mohammed	P.E.S	Anesthésie-réanimation
47	BSISS Mohammed Aziz	P.E.S	Biophysique
48	EL OMRANI Abdelhamid	P.E.S	Radiothérapie
49	SORAA Nabila	P.E.S	Microbiologie-virologie

50	KHOUCHANI Mouna	P.E.S	Radiothérapie
51	JALAL Hicham	P.E.S	Radiologie
52	EL ANSARI Nawal	P.E.S	Endocrinologie et maladies métaboliques
53	AMRO Lamyae	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
54	OUALI IDRISSI Mariem	P.E.S	Radiologie
55	ZAHLANE Mouna	P.E.S	Médecine interne
56	BENJILALI Laila	P.E.S	Médecine interne
57	NARJIS Youssef	P.E.S	Chirurgie générale
58	RABBANI Khalid	P.E.S	Chirurgie générale
59	SAMLANI Zouhour	P.E.S	Gastro-entérologie
60	LAGHMARI Mehdi	P.E.S	Neurochirurgie
61	ABOUSSAIR Nisrine	P.E.S	Génétique
62	BENCHAMKHA Yassine	P.E.S	Chirurgie réparatrice et plastique
63	CHAFIK Rachid	P.E.S	Traumato-orthopédie
64	ABKARI Imad	P.E.S	Traumato-orthopédie
65	EL BOUIHI Mohamed	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
66	LAKMICH Mohamed Amine	P.E.S	Urologie
67	AGHOUTANE El Mouhtadi	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
68	HOCAR Ouafa	P.E.S	Dermatologie
69	EL KARIMI Saloua	P.E.S	Cardiologie
70	EL BOUCHTI Imane	P.E.S	Rhumatologie
71	QAMOOUSS Youssef	P.E.S	Anesthésie réanimation
72	ZYANI Mohammad	P.E.S	Médecine interne
73	QACIF Hassan	P.E.S	Médecine interne
74	BEN DRISS Laila	P.E.S	Cardiologie
75	MOUFID Kamal	P.E.S	Urologie
76	EL BARNI Rachid	P.E.S	Chirurgie générale
77	KRIET Mohamed	P.E.S	Ophthalmologie
78	BOUCHENTOUF Rachid	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
79	ABOUCHADI Abdeljalil	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
80	BASRAOUI Dounia	P.E.S	Radiologie
81	RAIS Hanane	P.E.S	Anatomie Pathologique
82	BELKHOU Ahlam	P.E.S	Rhumatologie

83	ZAOUI Sanaa	P.E.S	Pharmacologie
84	MSOUGAR Yassine	P.E.S	Chirurgie thoracique
85	EL MGHARI TABIB Ghizlane	P.E.S	Endocrinologie et maladies métaboliques
86	DRAISS Ghizlane	P.E.S	Pédiatrie
87	EL IDRISSE SLITINE Nadia	P.E.S	Pédiatrie
88	RADA Noureddine	P.E.S	Pédiatrie
89	BOURRAHOUEAT Aicha	P.E.S	Pédiatrie
90	MOUAFFAK Youssef	P.E.S	Anesthésie-réanimation
91	ZIADI Amra	P.E.S	Anesthésie-réanimation
92	ANIBA Khalid	P.E.S	Neurochirurgie
93	TAZI Mohamed Ilias	P.E.S	Hématologie clinique
94	ROCHDI Youssef	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
95	FADILI Wafaa	P.E.S	Néphrologie
96	ADALI Imane	P.E.S	Psychiatrie
97	ZAHLANE Kawtar	P.E.S	Microbiologie- virologie
98	LOUHAB Nisrine	P.E.S	Neurologie
99	HAROU Karam	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
100	BOUKHANNI Lahcen	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
101	FAKHIR Bouchra	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
102	BENHIMA Mohamed Amine	P.E.S	Traumatologie-orthopédie
103	HACHIMI Abdelhamid	P.E.S	Réanimation médicale
104	EL KHAYARI Mina	P.E.S	Réanimation médicale
105	AISSAOUI Younes	P.E.S	Anesthésie-réanimation
106	BAIZRI Hicham	P.E.S	Endocrinologie et maladies métaboliques
107	ATMANE El Mehdi	P.E.S	Radiologie
108	EL AMRANI Moulay Driss	P.E.S	Anatomie
109	BELBARAKA Rhizlane	P.E.S	Oncologie médicale
110	ALJ Soumaya	P.E.S	Radiologie
111	OUBAHA Sofia	P.E.S	Physiologie
112	EL HAOUATI Rachid	P.E.S	Chirurgie Cardio-vasculaire
113	BENALI Abdeslam	P.E.S	Psychiatrie
114	MLIHA TOUATI Mohammed	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
115	MARGAD Omar	P.E.S	Traumatologie-orthopédie

116	KADDOURI Said	P.E.S	Médecine interne
117	ZEMRAOUI Nadir	P.E.S	Néphrologie
118	EL KHADER Ahmed	P.E.S	Chirurgie générale
119	DAROUASSI Youssef	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
120	BENJELLOUN HARZIMI Amine	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
121	FAKHRI Anass	P.E.S	Histologie-embryologie cytogénétique
122	SALAMA Tarik	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
123	CHRAA Mohamed	P.E.S	Physiologie
124	ZARROUKI Youssef	P.E.S	Anesthésie-réanimation
125	AIT BATAHAR Salma	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
126	ADARMOUCH Latifa	P.E.S	Médecine communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)
127	BELBACHIR Anass	P.E.S	Anatomie pathologique
128	HAZMIRI Fatima Ezzahra	P.E.S	Histologie-embryologie cytogénétique
129	EL KAMOUNI Youssef	P.E.S	Microbiologie-virologie
130	EL MEZOUARI El Mostafa	P.E.S	Parasitologie mycologie
131	SERGHINI Issam	P.E.S	Anesthésie-réanimation
132	ABIR Badreddine	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
133	GHAZI Mirieme	P.E.S	Rhumatologie
134	ZIDANE Moulay Abdelfettah	P.E.S	Chirurgie thoracique
135	LAHKIM Mohammed	P.E.S	Chirurgie générale
136	MOUHSINE Abdelilah	P.E.S	Radiologie
137	TOURABI Khalid	P.E.S	Chirurgie réparatrice et plastique
138	ARABI Hafid	P.E.S	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle
139	BELHADJ Ayoub	P.E.S	Anesthésie-réanimation
140	BOUZERDA Abdelmajid	P.E.S	Cardiologie
141	ABDELFETTAH Youness	P.E.S	Rééducation et réhabilitation fonctionnelle
142	REBAHI Houssam	P.E.S	Anesthésie-réanimation
143	BENNAOUI Fatiha	P.E.S	Pédiatrie
144	ZOUIZRA Zahira	P.E.S	Chirurgie Cardio-vasculaire
145	SEBBANI Majda	P.E.S	Médecine Communautaire (Médecine préventive, santé publique et hygiène)

146	FENANE Hicham	Pr Ag	Chirurgie thoracique
147	ABDOU Abdessamad	P.E.S	Chirurgie Cardio-vasculaire
148	HAMMOUNE Nabil	P.E.S	Radiologie
149	ESSADI Ismail	P.E.S	Oncologie médicale
150	ALJALIL Abdelfattah	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
151	LAFFINTI Mahmoud Amine	P.E.S	Psychiatrie
152	RHARRASSI Issam	P.E.S	Anatomie-pathologique
153	ASSERRAJI Mohammed	P.E.S	Néphrologie
154	JANAH Hicham	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
155	NASSIM SABAH Taoufik	P.E.S	Chirurgie réparatrice et plastique
156	ELBAZ Meriem	P.E.S	Pédiatrie
157	SEDDIKI Rachid	P.E.S	Anesthésie-réanimation
158	BELGHMAIDI Sarah	Pr Ag	Ophthalmologie
159	GEBRATI Lhoucine	MC Hab	Chimie
160	FDIL Naima	MC Hab	Chimie de coordination bio-organique
161	LOQMAN Souad	MC Hab	Microbiologie et Toxicologie
162	BAALLAL Hassan	Pr Ag	Neurochirurgie
163	BELFQUIH Hatim	Pr Ag	Neurochirurgie
164	AKKA Rachid	Pr Ag	Gastro-entérologie
165	BABA Hicham	Pr Ag	Chirurgie générale
166	MAOUJOUR Omar	Pr Ag	Néphrologie
167	SIRBOU Rachid	Pr Ag	Médecine d'urgence et de catastrophe
168	DAMI Abdallah	Pr Ag	Médecine Légale
169	AZIZ Zakaria	Pr Ag	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
170	ELOUARDI Youssef	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
171	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Pr Ag	Hématologie clinique
172	NASSIH Houda	Pr Ag	Pédiatrie
173	LAHMINI Widad	Pr Ag	Pédiatrie
174	BENANTAR Lamia	Pr Ag	Neurochirurgie
175	EL FADLI Mohammed	Pr Ag	Oncologie médicale
176	AIT ERRAMI Adil	Pr Ag	Gastro-entérologie
177	CHETTATI Mariam	Pr Ag	Néphrologie

178	BOUTAKIOUTE Badr	Pr Ag	Radiologie
179	SAYAGH Sanae	Pr Ag	Hématologie
180	EL FAKIRI Karima	Pr Ag	Pédiatrie
181	EL FILALI Oualid	Pr Ag	Chirurgie Vasculaire périphérique
182	EL- AKHIRI Mohammed	Pr Ag	Oto-rhino-laryngologie
183	HAJJI Fouad	Pr Ag	Urologie
184	JALLAL Hamid	Pr Ag	Cardiologie
185	ZBITOU Mohamed Anas	Pr Ag	Cardiologie
186	RAISSI Abderrahim	Pr Ag	Hématologie clinique
187	EL HAKKOUNI Awatif	Pr Ag	Parasitologie mycologie
188	ACHKOUN Abdessalam	Pr Ag	Anatomie
189	DARFAOUI Mouna	Pr Ag	Radiothérapie
190	EL-QADIRY Rabiy	Pr Ag	Pédiatrie
191	ELJAMILI Mohammed	Pr Ag	Cardiologie
192	HAMRI Asma	Pr Ag	Chirurgie Générale
193	ELATIQUI Oumkeltoum	Pr Ag	Chirurgie réparatrice et plastique
194	BENZALIM Meriam	Pr Ag	Radiologie
195	ABOULMAKARIM Siham	Pr Ag	Biochimie
196	LAMRANI HANCHI Asmae	Pr Ag	Microbiologie-virologie
197	HAJHOUI Farouk	Pr Ag	Neurochirurgie
198	EL KHASSOUI Amine	Pr Ag	Chirurgie pédiatrique
199	CHAHBI Zakaria	Pr Ag	Maladies infectieuses
200	MEFTAH Azzelarab	Pr Ag	Endocrinologie et maladies métaboliques
201	BELLASRI Salah	Pr Ag	Radiologie
202	ATMANI Nouredine	Pr Ag	Chirurgie Cardio-vasculaire
203	AABBASSI Bouchra	Pr Ag	Pédopsychiatrie
204	DOUIREK Fouzia	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
205	SAHRAOUI Houssam Eddine	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
206	RHEZALI Manal	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
207	ABALLA Najoua	Pr Ag	Chirurgie pédiatrique
208	MOUGUI Ahmed	Pr Ag	Rhumatologie
209	ZOUITA Btissam	Pr Ag	Radiologie
210	HAZIME Raja	Pr Ag	Immunologie

211	SALLAHI Hicham	Pr Ag	Traumatologie–orthopédie
212	BENCHAFAI Ilias	Pr Ag	Oto–rhino–laryngologie
213	EL JADI Hamza	Pr Ag	Endocrinologie et maladies métaboliques
214	AZAMI Mohamed Amine	Pr Ag	Anatomie pathologique
215	FASSI Fihri Mohamed jawad	Pr Ag	Chirurgie générale
216	AMINE Abdellah	Pr Ag	Cardiologie
217	CHETOUI Abdelkhalek	Pr Ag	Cardiologie
218	ROUKHSI Redouane	Pr Ag	Radiologie
219	ARROB Adil	Pr Ag	Chirurgie réparatrice et plastique
220	MOULINE Souhail	Pr Ag	Microbiologie–virologie
221	AZIZI Mounia	Pr Ag	Néphrologie
222	BOUHAMIDI Ahmed	Pr Ag	Dermatologie
223	YANISSE Siham	Pr Ag	Pharmacie galénique
224	KHALLIKANE Said	Pr Ag	Anesthésie–réanimation
225	ZIRAOUI Oualid	Pr Ag	Chimie thérapeutique
226	IDALENE Malika	Pr Ag	Maladies infectieuses
227	LACHHAB Zineb	Pr Ag	Pharmacognosie
228	ABOUDOURIB Maryem	Pr Ag	Dermatologie
229	AHBALA Tariq	Pr Ag	Chirurgie générale
230	EL AOUAME Amal	Pr Ag	Orthodontie et orthopédie dento–faciale
231	WARDA Karima	MCHab	Microbiologie
232	SBAI Asma	MCHab	Informatique
233	ABISSY Meriem	MC	Microbiologie
234	SLIOUI Badr	MC	Radiologie
235	CHEGGOUR Mouna	MC	Biochimie
236	BELARBI Marouane	MC	Néphrologie
237	EL AMIRI My Ahmed	MC	Chimie de Coordination bio–organique
238	LALAOUI Abdessamad	MC	Pédiatrie
239	ESSAFTI Meryem	MC	Anesthésie–réanimation
240	RACHIDI Hind	MC	Anatomie pathologique
241	FIKRI Oussama	MC	Pneumo–phtisiologie
242	EL HAMD AOUI Omar	MC	Toxicologie
243	EL HAJJAMI Ayoub	MC	Radiologie

244	BOUMEDIANE El Mehdi	MC	Traumato-orthopédie
245	RAFI Sana	MC	Endocrinologie et maladies métaboliques
246	JEBRANE Ilham	MC	Pharmacologie
247	LAKHDAR Youssef	MC	Oto-rhino-laryngologie
248	LGHABI Majida	MC	Médecine du Travail
249	AIT LHAJ El Houssaine	MC	Ophtalmologie
250	RAMRAOUI Mohammed-Es-said	MC	Chirurgie générale
251	EL MOUHAFID Faisal	MC	Chirurgie générale
252	AHMANNA Hussein-choukri	MC	Radiologie
253	AIT M'BAREK Yassine	MC	Neurochirurgie
254	ELMASRIOUI Joumana	MC	Physiologie
255	FOURA Salma	MC	Chirurgie pédiatrique
256	LASRI Najat	MC	Hématologie clinique
257	BOUKTIB Youssef	MC	Radiologie
258	MOUROUTH Hanane	MC	Anesthésie-réanimation
259	BOUZID Fatima zahrae	MC	Génétique
260	MRHAR Soumia	MC	Pédiatrie
261	QUIDDI Wafa	MC	Hématologie
262	BEN HOUMICH Taoufik	MC	Microbiologie-virologie
263	FETOUI Imane	MC	Pédiatrie
264	FATH EL KHIR Yassine	MC	Traumato-orthopédie
265	NASSIRI Mohamed	MC	Traumato-orthopédie
266	AIT-DRISS Wiam	MC	Maladies infectieuses
267	AIT YAHYA Abdelkarim	MC	Cardiologie
268	DIANI Abdelwahed	MC	Radiologie
269	AIT BELAID Wafae	MC	Chirurgie générale
270	ZTATI Mohamed	MC	Cardiologie
271	HAMOUCHE Nabil	MC	Néphrologie
272	ELMARDOULI Mouhcine	MC	Chirurgie Cardio-vasculaire
273	BENNIS Lamiae	MC	Anesthésie-réanimation
274	BENDAOUZ Layla	MC	Dermatologie
275	HABBAB Adil	MC	Chirurgie générale
276	CHATAR Achraf	MC	Urologie

277	OUMGHAR Nezha	MC	Biophysique
278	HOUMAID Hanane	MC	Gynécologie-obstétrique
279	YOUSFI Jaouad	MC	Gériatrie
280	NACIR Oussama	MC	Gastro-entérologie
281	BABACHEIKH Safia	MC	Gynécologie-obstétrique
282	ABDOURAFIQ Hasna	MC	Anatomie
283	TAMOUR Hicham	MC	Anatomie
284	IRAQI HOUSSAINI Kawtar	MC	Gynécologie-obstétrique
285	EL FAHIRI Fatima Zahrae	MC	Psychiatrie
286	BOUKIND Samira	MC	Anatomie
287	LOUKHNATI Mehdi	MC	Hématologie clinique
288	ZAHROU Farid	MC	Neurochirurgie
289	MAAROUFI Fathillah Elkarim	MC	Chirurgie générale
290	EL MOUSSAOUI Soufiane	MC	Pédiatrie
291	BARKICHE Samir	MC	Radiothérapie
292	ABI EL AALA Khalid	MC	Pédiatrie
293	AFANI Leila	MC	Oncologie médicale
294	EL MOULOUA Ahmed	MC	Chirurgie pédiatrique
295	LAGRINE Mariam	MC	Pédiatrie
296	DAFIR Kenza	MC	Génétique
297	CHERKAOUI RHAZOUANI Oussama	MC	Neurologie
298	ABAINOU Lahoussaine	MC	Endocrinologie et maladies métaboliques
299	BENCHANNA Rachid	MC	Pneumo-phtisiologie
300	EL GUAZZAR Ahmed (Militaire)	MC	Chirurgie générale
301	OULGHOUL Omar	MC	Oto-rhino-laryngologie
302	AMOCH Abdelaziz	MC	Urologie
303	ZAHLAN Safaa	MC	Neurologie
304	EL MAHFOUDI Aziz	MC	Gynécologie-obstétrique
305	CHEHBOUNI Mohamed	MC	Oto-rhino-laryngologie
306	LAIRANI Fatima ezzahra	MC	Gastro-entérologie
307	SAADI Khadija	MC	Pédiatrie
308	TITOU Hicham	MC	Dermatologie
309	EL GHOUL Naoufal	MC	Traumato-orthopédie

310	BAHI Mohammed	MC	Anesthésie-réanimation
311	RAITEB Mohammed	MC	Maladies infectieuses
312	DREF Maria	MC	Anatomie pathologique
313	ENNACIRI Zainab	MC	Psychiatrie
314	BOUSSAIDANE Mohammed	MC	Traumato-orthopédie
315	JENDOUCI Omar	MC	Urologie
316	MANSOURI Maria	MC	Génétique
317	ERRIFAIY Hayate	MC	Anesthésie-réanimation
318	BOUKOUB Naila	MC	Anesthésie-réanimation
319	OUACHAOU Jamal	MC	Anesthésie-réanimation
320	EL FARGANI Rania	MC	Maladies infectieuses
321	IJIM Mohamed	MC	Pneumo-phtisiologie
322	AKANOUR Adil	MC	Psychiatrie
323	ELHANAFI Fatima Ezzohra	MC	Pédiatrie
324	MERBOUH Manal	MC	Anesthésie-réanimation
325	BOUROUMANE Mohamed Rida	MC	Anatomie
326	IJDDA Sara	MC	Endocrinologie et maladies métaboliques
327	GHARBI Khalid	MC	Gastro-entérologie
328	ATBIB Yassine	MC	Pharmacie clinique
329	MOURAFIQ Omar	MC	Traumato-orthopédie
330	ZAIZI Abderrahim	MC	Traumato-orthopédie
331	HENDY Iliass	MC	Cardiologie
332	HATTAB Mohamed Salah Koussay	MC	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
333	DEBBAGH Fayrouz	MC	Microbiologie-virologie
334	OUASSIL Sara	MC	Radiologie
335	KOUYED Aicha	MC	Pédopsychiatrie
336	DRIOUICH Aicha	MC	Anesthésie-réanimation
337	TOURAIF Mariem	MC	Chirurgie pédiatrique
338	BENNAOUI Yassine	MC	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
339	SABIR Es-said	MC	Chimie bio organique clinique
340	LAATITIOUI Sana	MC	Radiothérapie
341	IBBA Mouhsin	MC	Chirurgie thoracique

342	SAADOUNE Mohamed	MC	Radiothérapie
343	TLEMCANI Younes	MC	Ophthalmologie
344	SOLEH Abdelwahed	MC	Traumato-orthopédie
345	OUALHADJ Hamza	MC	Immunologie
346	BERGHALOUT Mohamed	MC	Psychiatrie
347	EL BARAKA Soumaya	MC	Chimie analytique-bromatologie
348	KARROUMI Saadia	MC	Psychiatrie
349	EL-OUAKHOUMI Amal	MC	Médecine interne
350	AJMANI Fatima	MC	Médecine légale
351	ZOUITEN Othmane	MC	Oncologie médicale
352	MENJEL Imane	MC	Pédiatrie
353	BOUCHKARA Wafae	MC	Gynécologie-obstétrique
354	ASSEM Oualid	MC	Pédiatrie
355	ELHANAFI Asma	MC	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle
356	ABDELKHALKI Mohamed Hicham	MC	Gynécologie-obstétrique
357	ELKASSEH Mostapha	MC	Traumato-orthopédie
358	EL OUAZZANI Meryem	MC	Anatomie pathologique
359	HABBAB Mohamed	MC	Traumato-orthopédie
360	KHAMLIJ Aimad Ahmed	MC	Anesthésie-réanimation
361	EL KHADRAOUI Halima	MC	Histologie-embryologie-cyto-génétique
362	ELKHETTAB Fatimazahra	MC	Anesthésie-réanimation
363	SIDAYNE Mohammed	MC	Anesthésie-réanimation
364	ZAKARIA Yasmina	MC	Neurologie
365	BOUKAIDI Yassine	MC	Chirurgie Cardio-vasculaire
366	NABIL Mehdi	MC	Anesthésie-réanimation
367	KAAKOUA Mohamed	MC	Oncologie médicale
368	FIQHI Mohammed Kamal	MC	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
369	BEN ELHEND Salah	MC	Radiologie
370	KHERRAB Anass	MC	Rhumatologie
371	AWATI El Mehdi	MC	Hématologie
372	HAOUANE Mohamed Amine	MC	Anatomie pathologique

373	BOUABBADI Salah eddine	MC	Ophthalmologie
374	MOUNIR Reda	MC	Chirurgie Cardio-vasculaire
375	AHCHOUCH Siham	MC	Hématologie clinique
376	AZRIOUIL Ouhb	MC	Traumato-orthopédie
377	CHALOUAH Badr	MC	Traumato-orthopédie
378	EL BEJJAJ latimad	MC	Anatomie pathologique
379	BABA Zineb	MC	Rhumatologie
380	OUSSAYEH Imane	MC	Anesthésie-réanimation

LISTE ARRETEE LE 08/10/2025



Dédicaces



Soyons reconnaissants aux personnes qui nous donnent du bonheur ; elles sont les charmants jardiniers par qui nos âmes sont fleuries »

Marcel Proust.



Je me dois d'avouer pleinement ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenue durant mon parcours, qui ont su me hisser vers le haut pour atteindre mon objectif. C'est avec amour, respect et gratitude que

Je dédie cette thèse ...





Tout d'abord à Allah,

اللهم لك الحمد حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه عدد خلقك ورضى نفسك ووزنة
عرشك ومداد كلماتك اللهم لك الحمد ولك الشكر حتى ترضى ولك الحمد
ولك الشكر عند الرضى ولك الحمد ولك الشكر دائماً وأبداً على نعمتك

*Au bon Dieu tout puissant, qui m'a inspiré, qui m'a guidé dans le
bon chemin, je vous dois ce que je suis devenu. Louanges et
remerciements pour votre clémence et miséricorde « Qu'il nous
couvre de sa bénédiction ». AMEN!*

À maman chérie, Khadija GHARSANE

Il est difficile de trouver les mots justes pour exprimer toute ma gratitude et mon amour pour toi. Tu as été mon roc, ma lumière et ma plus belle source de force tout au long de ce parcours. Tu es la bonté, la douceur et la joie de vivre incarnées. Par ton amour infini, ta patience et tes innombrables sacrifices, tu m'as appris la persévérance, la bienveillance et le courage.

Tu as toujours cru en moi, même quand je doutais, et tes prières ont accompagné chacun de mes pas. Grâce à toi, j'ai pu me relever, avancer et réaliser mes rêves.

Cette thèse est le fruit de ton amour, de ton soutien et de tous les sacrifices silencieux que tu as consentis pour moi. Tu es et tu resteras toujours mon modèle, mon pilier, et la plus belle source d'inspiration dans ma vie.

Puisse Dieu te préserver, t'accorder santé et bonheur, et me donner la chance d'être à la hauteur de tout ce que tu m'as offert.

Je t'aime plus que les mots ne sauraient le dire.

À mon papa adoré, Monsef BOUNOUAR

Aucune parole ne saurait traduire toute ma reconnaissance et tout l'amour que je te porte. Depuis toujours, tu m'as guidée avec patience, entourée de ton amour et soutenue dans chacun de mes pas.

Tu es cet homme bienveillant et plein d'humour, toujours présent, toujours à l'écoute, un père, un ami et un guide à la fois. Grâce à toi, j'ai appris à croire en mes rêves, à ne jamais baisser les bras et à affronter les épreuves avec dignité et confiance.

Tes sacrifices, ont façonné mon parcours et donné un sens à chacune de mes réussites.

Cette thèse est le reflet de ton éducation, de ton amour et de ton engagement. J'espère qu'elle saura te rendre fier, comme je le suis d'être ta fille.

Puisse Dieu te bénir, te préserver et t'accorder une longue vie pleine de santé et de sérénité.

À ma sœur chérie, my twin, Fadwa BOUNOUAR

Ma confidente et ma complice, tu es bien plus qu'une sœur pour moi : tu es une partie de moi, mon miroir et la plus intime de mes amies. Tu es celle à qui je peux tout dire, celle qui comprend mes silences et partage mes rires. Ton écoute, ta présence et ton affection inconditionnelle ont illuminé les moments les plus difficiles et rendu les plus simples encore plus beaux.

Tu es une âme rare, à la fois forte et douce, sensible et lumineuse. Ta bienveillance, ton humour et ta loyauté font de toi un pilier dans ma vie, un repère sur lequel je peux toujours compter. Merci pour ton amour sincère, pour nos instants de complicité, pour ton soutien sans faille et ta confiance absolue.

Cette thèse, fruit de tant d'efforts, est aussi la tienne.

Puisse Dieu te protéger, t'accorder bonheur et réussite, et préserver à jamais ce lien indéfectible qui nous unit.

À ma sœur adorée, Dr Ibtissam BOUNOUAR

Mon modèle et ma fierté, Ta réussite, ta détermination et ton sens du devoir m'ont toujours inspirée. En te voyant évoluer dans ce noble métier, j'ai puisé la motivation et la force nécessaires pour persévérer à mon tour. Tu as été pour moi un exemple d'excellence, de courage et d'humanité.

Merci pour tes conseils avisés, ton écoute bienveillante et ta présence rassurante tout au long de ce parcours exigeant. Merci pour ton amour sincère, pour nos instants de complicité, pour ton soutien sans faille et ta confiance absolue.

Puisse Dieu te préserver, t'accorder tout le bonheur que tu mérites et renforcer encore cette relation si précieuse qui nous lie à jamais.

À mon neveu d'amour, zouzouki, Adam SERHANI

Mon cher petit neveu, je t'aime énormément, tu occupes une place unique dans mon cœur. Tu as le pouvoir d'illuminer ma vie par ton sourire et ton innocence.

Tu es comme mon enfant, un rayon de bonheur et de tendresse qui rend chaque instant plus léger et plus précieux.

Merci pour tes câlins, tes éclats de rire et cette incroyable capacité à apporter de la joie autour de toi. Ta présence a été un vrai rayon de soleil tout au long de ce parcours, et je souhaite que la vie t'offre autant de bonheur et d'amour que celui que tu m'apportes.

Je prie Dieu pour qu'il te protège, t'accompagne dans ton chemin et te comble de santé, de bonheur et d'amour. Que tu puisses grandir entouré de douceur et de bienveillance, et toujours savoir combien tu es aimé et précieux pour moi.

À mon adorable beau-frère, Driss SERHANI

Tu es le grand frère que je n'ai jamais eu. Merci pour tous ces instants de bonheur partagés : nos éclats de rire et nos sorties resteront des souvenirs précieux gravés dans mon cœur.

Cette thèse t'est dédiée en témoignage de mon affection sincère. Puisse Dieu vous protéger, toi et ma sœur, vous offrir santé, bonheur et longue vie, et exaucer tous vos vœux les plus chers.

À ma chère grand-mère, Anaya AICHANE

Ma deuxième maman, tu es une présence précieuse dans ma vie, un repère de tendresse et de sagesse.

Merci pour tes conseils précieux, ton soutien constant et ton amour inconditionnel. Chaque réussite de ma vie porte l'empreinte de ton affection.

Je dédie cette thèse à toi, en témoignage de toute ma gratitude et de mon affection. Je prie Dieu de te protéger, de te donner force et santé, et de t'accorder un complet rétablissement. Que chaque jour t'apporte confort, sérénité et bonheur.

*À l'âme de mes grands-parents : **Thamí GHARSANE, Zohour
KABBAJ et Abdellah BOUNOUAR***

J'aurais tellement aimé que vous soyez à mes côtés en ce jour, et que vous puissiez être fiers de moi. Vous êtes toujours présents dans mon cœur et mes pensées. Chaque réussite, chaque étape de ma vie, je la ressens comme portée par votre mémoire et votre affection. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon immense amour. Vous demeurez à jamais une lumière dans ma vie, guidant mes pas et inspirant mes efforts.

À mes cousins et cousines, mes tantes et oncles, et à tous les membres de ma famille, petits et grands, avec toute mon affection.

*À ma très chère amie, **Hajar ELFADIL***

Ton cœur en or irradie de gentillesse et d'amour. Ton soutien et ta présence reconfortante font de toi une amie précieuse sur qui je peux toujours compter.

Merci de m'avoir accompagné à chaque étape de ma vie. Merci pour toutes ces années passées ensemble, pour nos moments de joie, nos fous-rires, nos longues journées de travail, nos sorties, nos records téléphoniques...

À ce moment tant attendu, je formule le souhait que notre amitié continue de grandir et dure toute une vie.

*À ma meilleure amie, **Iness CHENNANI***

À peine sept ans depuis notre première rencontre, et pourtant, j'ai l'impression de t'avoir toujours connue.

Nous avons tout traversé ensemble, le meilleur comme le pire, en riant, et en pleurant parfois.

Ce que j'admire le plus chez toi, c'est cette capacité à illuminer tout ce qui t'entoure. Ton sourire, ta douceur et ton amour sincère rend chaque instant plus beau.

Tu as un cœur immense, toujours prêt à donner sans rien attendre en retour, et une âme lumineuse qui inspire ceux qui ont la chance de te connaître.

Merci d'être cette amie exceptionnelle, cette sœur de cœur fidèle et très précieuse.

Que notre amitié dure encore et encore

À ma confidente adorée, Farah BOUNAOUARA

Notre amitié était comme une évidence, c'est à se demander pourquoi on a mis si longtemps à se rencontrer.

Ta rage de réussir, de conquérir et de vivre seront une éternelle source d'inspiration pour moi.

Je remercie Dieu de t'avoir mis sur mon chemin. Merci d'avoir été là dans les moments les plus difficiles et d'avoir partagé avec moi les plus beaux instants de ma vie.

Ta capacité d'écoute, ton empathie et ta sagesse font de toi bien plus qu'une amie : ma confidente, ma psychologue préférée, ma sœur de cœur.

Que notre amitié traverse le temps et dure toute une vie.

À ma très chère amie, Lamiae BOUSSIRI

Ton amour, ta présence et ta lumière ont toujours été pour moi un refuge.

Merci pour chaque instant partagé, pour les éclats de rire qui guérissent tout, pour les silences qui apaisent, et même pour les larmes que tu as su essuyer avec une tendresse infaillible.

Tu es la rencontre qui marque toute une vie ; ton soutien, tes sacrifices et ta présence ont façonné une part essentielle de mon parcours ; ils resteront gravés dans ma mémoire autant que dans mon cœur.

Tu es plus qu'une amie : tu es une présence rare et un vrai trésor.

À la plus douce, Chaïmae BOUSKOUT

Le destin a réuni nos chemins pendant notre externat, et depuis ce jour, tu es devenue bien plus qu'une simple amie, l'une des plus intimes que la vie m'ait offerte.

Ta douceur, ta gentillesse et ton immense générosité illuminent chacun de mes jours.

Toujours attentive, à l'écoute et prête à reconforter, tu sais transformer les moments difficiles en instants de soutien et d'espoir.

Je souhaite que notre amitié continue de grandir, qu'elle reste un refuge et une source de bonheur pour nous deux, et que la vie nous offre encore de nombreux souvenirs merveilleux à partager.

À ma binôme préférée, Faïza ABOUMADI

*Merci pour ta gentillesse qui apaise, ta présence qui rassure, et cette
vibe qu'on partage comme si on se connaissait depuis toujours.*

*Avec toi, rien n'est forcé, rien n'est compliqué : tout coule
naturellement.*

*Tu es celle à qui je peux tout raconter, même ce que je n'ose dire à
personne. Celle qui comprend sans que j'explique, qui écoute sans
juger, et qui reste, toujours.*

*Merci d'être cette âme rare, ce repère rassurant et cette complicité
qui embellit mon chemin.*

*À mes très chères amies, Jouhaina HABIBALAH et Houda
CHAHRAOUI*

*En souvenir des moments merveilleux que nous avons passés et aux
liens solides qui nous unissent.*

*Un grand merci pour votre soutien et vos encouragements. Je vous
remercie d'avoir toujours été là à mes côtés.*

*J'espère que ce nouveau chapitre vous apportera un peu plus de
lumière, plus de calme, ainsi que le bonheur et le succès que tu
mérites.*

À mon cher ami, Oussama BOUREMAH

*Tout ce long parcours n'aurait sans doute pas été le même sans ta
présence. Tu n'as jamais cessé de me soutenir et de m'encourager du
début à la fin.*

*Merci de me comprendre autant et de partager mes soucis, mes
craintes, et mes ambitions. Ton soutien moral a été une grande
motivation pour moi.*

*Que notre amitié reste éternelle, que ce lien si spécial que nous avons
tissé au fil du temps soit éternellement incassable.*

À mon cher ami, Abdelbasset CHALABI (Mario)

*Tu as été cette bouffée d'air qui rend les journées plus légères, celui
qui, par son humour et sa joie contagieuse, a su transformer les
moments de fatigue ou de doute en fous rires mémorables.*

*Je te dédie ce travail en reconnaissance de cette amitié sincère qui
nous unit.*

*Que chacun de tes projets se réalise pleinement et te mène vers le
succès.*

Puisse cette nouvelle étape de ta vie t'apporter épanouissement et satisfaction.

*À mes chers amis, Soufiane CHEKAIRI et Ilyass CHEKROUNI
Notre amitié s'est construite au fil des années, à travers des moments simples mais tellement précieux qui restent gravés dans ma mémoire.
Merci pour votre présence constante, votre soutien discret, et cette complicité qui a souvent illuminé mes journées, même dans les périodes les plus exigeantes.*

Je vous souhaite à tous les deux de belles réussites, que vos efforts portent leurs fruits et que la vie vous ouvre les portes de nouvelles opportunités à la hauteur de votre valeur.

*À mes amis d'enfance, et mes chers amis hors la FMPM
A tous les moments qu'on a passés ensemble, Je vous souhaite à tous longue vie pleine de bonheur et de prospérité.*

Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance et de mon respect. Merci pour tous les moments formidables qu'on a partagés.

Je vous souhaite une vie pleine de réussite, de santé et de bonheur

À tous les patients

Que Dieu nous aide à apaiser vos souffrances.

A tous ceux dont l'oubli de la plume n'est pas celui du cœur.

À tous les amis, collègues et mentors qui, par leur bienveillance et leur générosité, ont éclairé mon chemin.

À tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à l'élaboration de ce projet.

A tous ceux à qui ma réussite tient à cœur, Je vous dis merci du fond du cœur, Cette thèse est dédiée à vous.



Remerciements



À NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE
Professeur ABKARI IMAD
Professeur de l'enseignement supérieur et chef du service de
traumatologie-orthopédie du Centre Hospitalier Universitaire
MOHAMED VI de Marrakech

*Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de présider le jury de
ma thèse.*

*Nous avons toujours admiré vos qualités humaines et
professionnelles, ainsi que votre modestie exemplaire. Vos
compétences et votre rigueur nous inspirent une profonde
admiration et un grand respect.*

*Veillez, chère Maîtresse, recevoir l'expression de ma gratitude, de
ma haute considération et de mon profond respect.*

À NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE
Professeur ELBOUCHTI IMANE
Professeur de l'enseignement supérieur et chef du service de
rhumatologie du Centre Hospitalier Universitaire MOHAMED VI de
Marrakech

*Je vous remercie sincèrement pour l'honneur que vous m'avez fait en
acceptant de diriger et d'encadrer ce travail.*

*Votre rigueur scientifique, votre sens pédagogique et vos conseils
éclairés ont été essentiels à la réalisation de cette étude.*

*Votre disponibilité, votre bienveillance et vos qualités humaines
exemplaires m'ont profondément marqué et ont constitué une
véritable source d'inspiration.*

*Veillez, cher Maître, trouver dans ce travail le témoignage de ma
profonde reconnaissance, de ma haute considération et de mon
respect le plus sincère.*

À NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE
Professeur ABDEL FETTAH YOUNESS
Professeur agrégé et chef du service de Rééducation et Réhabilitation
Fonctionnelle du Centre Hospitalier Universitaire MOHAMED VI de
Marrakech

Il m'est impossible de dire en quelques mots ce que je vous dois. Merci beaucoup pour votre gentillesse, votre spontanéité et votre disponibilité.

Vous m'avez fait le grand honneur d'accepter de diriger ce travail en consacrant votre temps précieux à chacune des étapes de cette thèse avec une grande rigueur et perspicacité pour le parfaire. Votre compétence, votre dynamisme, votre rigueur et vos qualités humaines et professionnelles ont suscité en moi une grande admiration et un profond respect.

Je souhaite être digne de la confiance que vous m'avez accordée. Veuillez trouver, cher Maître, dans ce travail l'expression de ma haute considération, ma profonde reconnaissance et ma sincère gratitude.

Merci infiniment

À NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE :
Professeur BENHIMA MOHAMED AMINE
Professeur d'enseignement supérieur de traumatologie-orthopédie au
Centre Hospitalier Universitaire MOHAMED VI de Marrakech

Nous sommes très honorés de votre présence au sein de notre jury. Vous avez accepté avec bienveillance de juger ce travail, et nous vous en remercions très sincèrement.

Vos qualités humaines, votre compétence et votre disponibilité forcent notre admiration et notre respect.

Veuillez, cher Maître, recevoir l'expression de notre profonde gratitude et de notre haute considération.

À NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE
Professeur MOUGUI AHMED
Professeur d'enseignement supérieur de rhumatologie au Centre
Hospitalier Universitaire MOHAMED VI de Marrakech

Nous vous remercions chaleureusement d'avoir accepté de participer à l'évaluation de ce travail.

Votre disponibilité, votre compétence et l'intérêt que vous portez à notre étude nous touchent profondément.

Veuillez trouver ici, cher Maître, le témoignage de notre estime et de notre vive gratitude.

À Docteur MERIEM BOURHARBAL
Spécialiste et ancienne Résidente au service de Rééducation et
Réhabilitation fonctionnelle CHU MOHAMED VI MARRAKECH

Un grand remerciement pour votre disponibilité et vos efforts afin de réussir ce travail en toute modestie, gentillesse et spontanéité.

Veuillez accepter, docteur, mes sincères expressions de gratitude.

À Docteur SALMA ZNIBER,
Résidente au service de Rhumatologie CHU Mohamed VI de
Marrakech,

Je tiens à vous adresser mes plus sincères remerciements pour l'enthousiasme et la sympathie avec lesquels vous m'avez aidé durant mon sujet de thèse.

Veuillez accepter mes salutations les plus respectueuses



Liste des abréviations



LISTE DES ABRÉVIATIONS

AQM	: analyse quantifiée de la marche
AMIQUAL	: Arthrose des membres inférieurs et qualité de vie
CHU	: Centre Hospitalier Universitaire
Cm	: Centimètre
CRC	: Centre de Recherche Clinique
DS	: Dérivation standard
DT2	: Diabète de type 2
EIAS	: Epine Iliaque Antéro-Supérieur
EMG	: électromyographie
EVA	: échelle visuelle analogique
GRF	: Ground Reaction Force
HTA	: Hypertension artérielle
IMC	: Indice de Masse Corporelle
KL	: Kellgren et Lawrence
Kg	: Kilogramme
MI	: Malléole Interne
MAX	: Maximum
M	: Mètre
M²	: Mètre carré
MIN	: Minimum

PEC : Prise en charge

S : Seconde

WOMAC : The Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis index

3D : 3 dimensions

Liste des figures

- **Figure 1** : Laboratoire d'analyse de la marche et du mouvement au CRC du CHU de Marrakech
- **Figure 2** : Plateforme de force et matériel de calibrage
- **Figure 3** : Interface du logiciel 'Motiv ' de l'analyse quantifiée de la marche
- **Figure 4** : Les marqueurs du mode Rizzoli lower body Protocol (iconographie du CRC CHU Mohammed VI de Marrakech)
- **Figure 5** : Répartition des patients selon l'âge en année
- **Figure 6** : Répartition en pourcentage des patients selon le sexe
- **Figure 7** : Répartition des patients selon la profession
- **Figure 8** : Répartition en pourcentage des patients selon l'activité physique
- **Figure 9** : Répartition des patients selon le poids en kg
- **Figure 10** : Répartition des patients selon la taille en cm
- **Figure 11** : Répartition des patients selon leur IMC en kg/m²
- **Figure 12** : Répartition des patients selon leur pointure
- **Figure 13** : Répartition des patients selon la distance
- **Figure 14** : Répartition des patients selon la distance entre les EIAS et MI en cm
- **Figure 15** : Antécédents médicaux des patients
- **Figure 16** : Antécédents chirurgicaux des patients
- **Figure 17** : Répartition des patients selon la cause de gonarthrose
- **Figure 18** : Répartition des patients selon le coté atteint par la gonarthrose
- **Figure 19** : Répartition en pourcentage (%) des patients selon leur stade radiologique.
- **Figure 20** : Répartition des patients selon le score algo fonctionnel de Lequesne
- **Figure 21** : scores normalisés des dimensions de la qualité de vie selon l'AMIQUAL
- **Figure 22** : Répartition des patients selon score de WOMAC
- **Figure 23** : Graphique des paramètres spatio-temporels
- **Figure 24** : Graphique des degrés de flexion/extension du genou
- **Figure 25** : Graphique de la réaction de la plateforme de force
- **Figure 26** : Activations musculaires au niveau du membre inférieur droit durant un cycle de marche

- **Figure 27** : Activation musculaire durant un cycle de marche, d'après Capaday (2002)
- **Figure 28** : Principales structures impliquées dans l'organisation de la marche d'après Defebvre,2010.
- **Figure 29** : Illustration des différents niveaux du système locomoteur (Vaughan et al. 1992)
- **Figure 30** : Représentation du cycle de la marche d'après (Viel 2000)
- **Figure 31** : Image Chronophotographique d'un homme qui marche (1983) par Etienne Jules Marey
- **Figure 32** : Représentation en diagramme bâton de la marche humaine lors d'une expérimentation menée par Marey.
- **Figure 33** : Matériel standard d'un laboratoire d'analyse du mouvement
- **Figure 34** : Image représentant l'acquisition dynamique qui consiste à faire des allers-retours en s'appuyant sur la plateforme de force (iconographie du CRC CHU Mohammed VI de Marrakech)
- **Figure 35** : Paramètres spatiaux de la marche, d'après Perry (2010)
- **Figure 36** : Synthèse des données utilisées dans l'AQM : du matériel d'acquisition aux données d'analyse



Liste des tableaux



Liste des tableaux

- **Tableau I** : Les marqueurs du mode Rizzoli lower body Protocol
- **Tableau II** : Données anthropométriques des patients de l'étude
- **Tableau III** : Durée d'évolution de la maladie en années
- **Tableau IV** : EVA douleur au repos
- **Tableau V** : EVA douleur au mouvement
- **Tableau VI** : Scores normalisés des dimensions de la qualité de vie selon l'AMIQUAL
- **Tableau VII** : Paramètres spatio temporels
- **Tableau VIII** : Degrés de flexion/extension du genou
- **Tableau IX** : Réaction de la plateforme de force (GRF) du pied droit et gauche
- **Tableau X** : Comparaison des données socio démographiques et anthropométriques
- **Tableau XI** : Comparaison de la durée d'évolution de la maladie dans les différentes séries.
- **Tableau XII** : Comparaison de l'EVA douleur moyen dans les différentes séries :
- **Tableau XIII** : Comparaison des différents stades radiologiques de KL entre les études.
- **Tableau XIV** : Comparaison des scores de WOMAC–douleur chez les patients atteints de gonarthrose
- **Tableau XV** : Comparaison des paramètres spatio–temporels
- **Tableau XVI** : Comparaison des amplitudes articulaires des genoux sur le plan sagittal
- **Tableau XVII** : Comparaison de la réaction de la plateforme de force



Plan



INTRODUCTION	1
MATÉRIELS ET MÉTHODES	4
I. Matériels	5
1. Type de l'étude	5
2. Hypothèse	5
3. Objectif de l'étude	5
4. Durée de l'étude	5
5. Lieu de l'étude	5
6. Patients	5
II. Méthodes	6
1. Base de données et logiciels	6
2. Analyse statistique	6
3. Evaluation de la marche	7
4. Considérations éthiques	12
RESULTATS	13
I. Données épidémiologiques	14
1. Age	14
2. Sexe	14
3. Profession	15
4. Activité physique	15
5. Coté dominant	15
II. Données anthropométriques :	16
1. Données moyennes des patients	16
III. Données cliniques :	19
1. Antécédents	19
2. Etiologies	20
3. Caractère de gonarthrose	21
4. Vices architecturaux du membre inférieur	22
IV. Données radiologiques	23
1. Latéralité	23
2. Stadification selon KALLEGREN et LAWRENCE	23
V. Qualité de vie et retentissement fonctionnel	24
1. Indice algo fonctionnel de LEQUESNE	24
2. Données de l'AMIQUAL	25
3. Score de WOMAC	25
VI. Données de l'AQM	26
1. Résultats spatio-temporels	26
2. Les amplitudes articulaires	28
3. Réaction de la plateforme de force	29
DISCUSSION	31
I. Généralités sur la marche	32
1. Définition de la marche	32

2. Rappel anatomique, biomécanique et physiologique de la marche	32
3. Cycle de la marche	36
II. Historique et évaluation de l'analyse de la marche	37
1. Observations cliniques et descriptives	37
2. Premières approches instrumentales	37
3. Développement de l'Analyse quantifiée de la marche :	38
III. Rappel physiopathologique sur la gonarthrose	45
1. Définition et mécanismes physiopathologiques	45
2. Facteurs de risque	45
3. Manifestations cliniques	46
4. Retentissement sur la marche et autonomie	46
IV. Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose	47
V. Interprétation des données d'Analyse Quantifiée de la Marche chez les patients atteints de gonarthrose à la lumière de la littérature	49
1. Identification de la population étudiée	49
2. Paramètres spatio-temporels	54
3. Amplitudes articulaires	57
4. Données de la plateforme de force	58
VI. Perspectives	60
VII. Limites de notre étude	60
Conclusion	62
Résumés	64
Annexes	70
Bibliographies	81



Introduction



L'arthrose est une maladie dégénérative chronique caractérisée par une perte du cartilage articulaire, accompagnée de remaniements osseux périarticulaires, d'une inflammation synoviale modérée et de changements structuraux de l'os sous-chondral et des tissus mous environnants.[1]

La gonarthrose est le terme assimilé à l'arthrose atteignant l'articulation du genou. Véritable problème de santé publique, la gonarthrose touche environ 250 millions de personnes dans le monde.[2], [3] La prévalence de la gonarthrose, est en hausse avec le vieillissement de la population et l'augmentation de l'obésité, avec des conséquences négatives notables sur la qualité de vie, la mobilité réduite, la douleur chronique, et la dépendance fonctionnelle dans les activités quotidiennes.[4]

Parmi les fonctions motrices altérées, la marche est souvent l'une des premières à être compromise. Or, l'évaluation de la marche repose encore fréquemment sur des critères cliniques subjectifs ou des échelles fonctionnelles, qui peuvent manquer de précision ou de reproductibilité. [4,5]

l'analyse quantifiée de la marche (AQM), une méthode d'évaluation objective de la biomécanique de la locomotion basée sur l'enregistrement et l'analyse des paramètres cinématiques et cinétiques pendant la marche.[6] L'AQM s'est imposée depuis plusieurs années comme un outil fiable et précis dans l'évaluation des troubles moteurs d'origine neurologique ou orthopédique. Pourtant, son usage dans le cadre de la gonarthrose reste encore limité et sous-exploité, malgré un potentiel clinique important. [7]

En effet, cette approche permet non seulement de détecter des altérations précoces et parfois cliniquement silencieuses, mais aussi de suivre l'évolution fonctionnelle dans le temps ou après une intervention thérapeutique (rééducation, infiltration, chirurgie prothétique).[5], [6]

Notre étude vise à identifier et analyser les altérations de la marche chez des patients atteints de gonarthrose à l'aide de l'analyse quantifiée de la marche.

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

L'objectif est d'approfondir la compréhension des modifications biomécaniques induites par cette pathologie, et de démontrer l'utilité de cet outil dans l'évaluation fonctionnelle.

À terme, l'AQM pourrait constituer un levier précieux pour améliorer le suivi des patients, guider les choix thérapeutiques, et affiner les protocoles de rééducation.



Matériels et méthodes



I. Matériels

1. Type de l'étude :

Notre travail est une étude observationnelle prospective transversale.

2. Hypothèse :

L'AQM est un outil pertinent qui permet d'évaluer les paramètres de la marche chez les patients atteints de gonarthrose.

3. Objectif de l'étude :

Analyser les modifications des paramètres de la marche chez les patients atteints de gonarthrose.

4. Durée de l'étude :

Notre étude s'est étendue sur une durée de 3mois.

5. Lieu de l'étude :

Notre étude a été réalisée conjointement au niveau des services de Médecine physique et réadaptation fonctionnelle, le laboratoire d'analyse de la marche et du mouvement au niveau du Centre de Recherche Clinique (CRC), et le service de Rhumatologie du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) Mohammed VI de Marrakech.

6. Population cible :

Patients atteints de gonarthrose recrutés à la consultation rhumatologique CHU Marrakech. Soit 30 patients

6.1 Critères d'inclusion :

- Patients ayant reçu un diagnostic confirmé de gonarthrose, basé sur des critères cliniques et radiologiques.
- Patients des deux sexes
- Marche sans appareillage
- Consentement éclairé

6.2 Critères d'exclusion :

- Pathologies de la colonne vertébrale
- Affections articulaires associées : arthrite de la hanche ou de la cheville, arthrite inflammatoire ou traumatique du genou.
- Gonarthrose hyperalgique rendant l'évaluation fonctionnelle non fiable.
- Maladies neurologiques ou troubles musculosquelettiques sévères
- Antécédents de chirurgie osseuse au niveau des membres inférieurs.

II. Méthodes :

1. Base de données et logiciels :

- 1) Pour le recueil des données, on a adopté une fiche d'exploitation (Annexe 1), qui vise à :
 - Préciser les aspects sociodémographiques, anthropométriques, cliniques et radiologiques des patients inclus.
 - Evaluer le degré de la douleur grâce à l'échelle visuelle analogique (EVA) (Annexe 2).
 - Evaluer la gêne fonctionnelle par l'indice de Lequesne (Annexe 3).
 - Evaluer la qualité de vie des patients grâce à l'échelle Arthrose des membres inférieurs et qualité de vie (AMIQUAL) et score de The Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis index (WOMAC) (Annexe 3)
- 2) Données observationnelles collectées à l'aide du logiciel de l'analyse de la marche (Motiv* et Visual3D*). (Annexe 4)
- 3) Logiciels sur ordinateur pour traitement des données : Microsoft office Word 2023 ; Microsoft office Excel 2023.

2. Analyse statistique :

Les données collectées ont été analysées à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2023. Les variables qualitatives sont exprimées en effectifs et pourcentages, et les variables

quantitatives sont exprimées en moyennes avec écart-type et extrêmes.

3. Evaluation de la marche :

Le laboratoire d'analyse de la marche et du mouvement est intégré dans une structure de recherche appelée le Centre de Recherche Clinique, au sein du CHU Mohamed VI de Marrakech, au Maroc.

Ce laboratoire a été créé en octobre 2017 par les professeurs H. SAIDI et Y. ABDELFETTAH.

Il s'agit du premier laboratoire de ce type au Maroc, représentant une plateforme technologique innovante intégrée au Centre de Recherche Clinique du CHU Mohamed VI.

Il est composé de 6 caméras optoélectroniques (Optitrack*) (figure 1), 2 plateformes de forces (AMTI*) (figure2), 1 EMG sans fils à 8 canaux (DELSYS*), 2 caméras vidéo (figure 1), un poste informatique de nouvelle génération avec logiciels dédiés (Motiv* et Visual3D*) (figure 3), et autres équipements : marqueurs, outils de calibration (figure 2), bureautiques, rangement.

Ce laboratoire est dirigé par le Professeur Youness ABDELFETTAH, professeur agrégé en médecine physique et de réadaptation fonctionnelle.

Son fonctionnement repose sur la collaboration d'un ingénieur en informatique et d'une kinésithérapeute du service de traumatologie-orthopédie adulte, avec la participation active des internes et des résidents issus de ces services.



Figure 1 : Laboratoire d'analyse de la marche et du mouvement au CRC du CHU de Marrakech

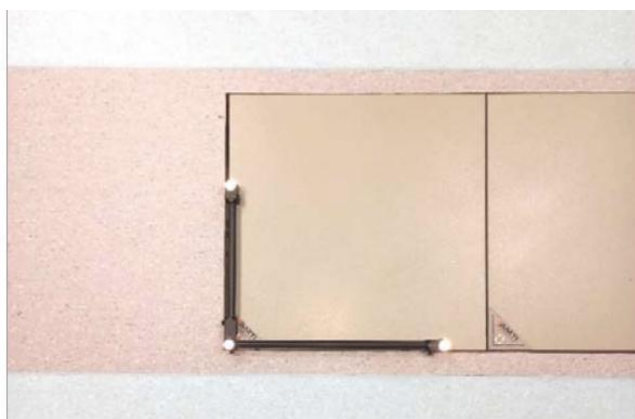


Figure 2 : Plateforme de force et matériel de calibrage

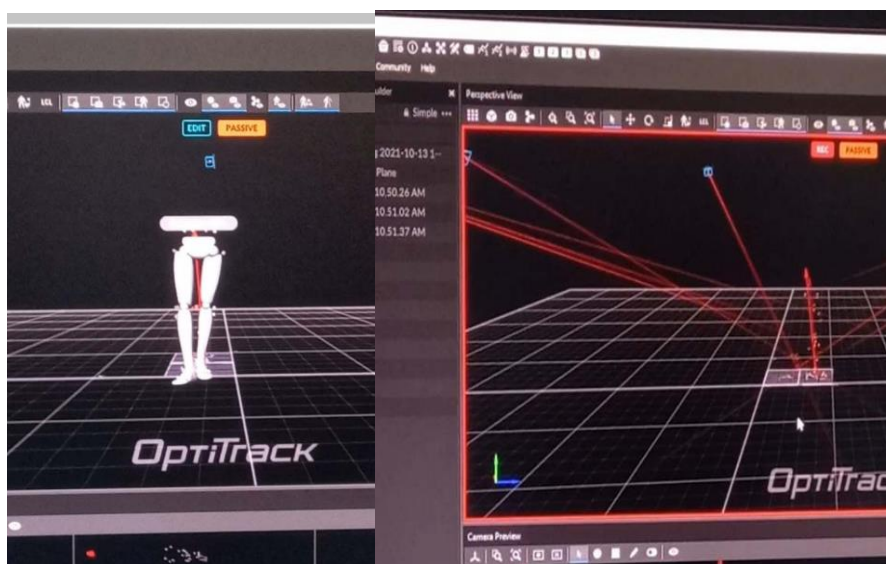


Figure 3 : Interface du logiciel 'Motiv' de l'analyse quantifiée de la marche

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

Le mode d'acquisition adopté, est le mode « Rizzoli ».

Le protocole Rizzoli Lower Body (26) intègre un nouveau placement des marqueurs pour le suivi du bas du corps. Cet ensemble de marqueurs est conçu pour fournir une description complète du segment 3 dimensions (3D) et du mouvement articulaire pour l'analyse du bassin et de la cinématique des membres inférieurs. Le tableau suivant comprend des descriptions de points de repère anatomiques de l'endroit où les marqueurs doivent être placés pour une analyse précise et fiable du mouvement du bas du corps.

Il comprend un total de six marqueurs d'étalonnage pour créer l'actif squelette pendant les essais statiques qui sont surlignés en rouge. Deux marqueurs de cuisse et deux marqueurs de tige ont été ajoutés au protocole pour mieux distinguer la gauche et la droite du squelette. Le tableau suivant présente la description des repères anatomiques utilisés pour le placement des marqueurs, condition indispensable à une analyse précise et fiable du mouvement des membres inférieurs ;

Les marqueurs du mode Rizzoli Lower Body Protocol sont détaillés dans le tableau (Tableau I) et la figure (Figure 4)[8], [9],[10].



Figure 4 : Les marqueurs du mode Rizzoli lower body Protocol (iconographie du CRC CHU Mohammed VI de Marrakech)

Tableau I : Les marqueurs du mode Rizzoli lower body Protocol [8], [10]

Marqueurs Rizzoli Lower Body Protocol		
Étiquette	Segment du membre Inférieur	La description
RASIS	Bassin	<u>Right And Left Anterior Superior Iliac Spine.</u> Epine iliaque antérosupérieure droite et gauche
LASIS		
RPSIS	Bassin	<u>Right And Left posterior Superior Iliac Spine</u> Epine iliaque postéro-supérieure droite et gauche
LPSIS		
RGT	Cuisse	<u>Right And Left Greater Trochanter</u> Proéminence latérale du grand trochanter droit et gauche.
LGT		
RTH	Cuisse	<u>Right and left Thigh Marker</u> Placer près de la ligne médiane de la cuisse. Utilisé uniquement à des fins de suivi pour distinguer le côté gauche et le côté droit. Pour un résultat optimal, décaler la hauteur du marqueur entre le côté gauche et le côté droit.
LTH		
RLE	Cuisse	<u>Right And Left Lateral Femoral Epicondyle.</u> Proéminence latérale la plus importante de l'épicondyle fémoral latéral droit et gauche. Avec les marqueurs LM, ils déterminent l'emplacement de l'axe de l'articulation du genou.
LLE		
RHF	Jambe	<u>Right And Left Head Of The Fibula.</u> Tête, extrémité proximale du péroné droit et gauche.
LHF		
RTT	Jambe	<u>Right and left tibial tuberosity</u> Bordure la plus antérieure de la tubérosité tibiale droite et gauche.
LTT		
RSK	Jambe	<u>Right and left shin</u> Placer près de la ligne médiane du tibia, utilisé uniquement à des fins de suivi pour distinguer le côté gauche et le côté droit. Pour un résultat optimal, décaler la hauteur du marqueur entre le côté gauche et le côté droit.
LSK		
RLM	Jambe	<u>Right and left lateral malleolus</u> Apex de la malléole latérale droite et gauche.
LLM		

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

RCA	Pied	<u>Right and left calcaneus achiles tendon insertion</u>
LCA		Crête supérieure de la surface postérieure du calcanéum ; à l'insertion du tendon d'Achille sur le calcanéum droite et gauche.
RVM	Pied	<u>Right and left fifth metatarsal</u>
LVM		Face dorsale de la cinquième tête métatarsienne droite et gauche.
RFM	Pied	<u>Right and left first metatarsal</u>
LFM		Face dorsale de la première tête métatarsienne droite et gauche.
RDP	Pied	<u>Right and left first distal phalanx the toe</u>
LDP		Ces marqueurs sont ajoutés sur la phalange distale uniquement à des fins de suivi du segment du gros orteil droit et gauche, et ils ne sont pas inclus dans l'analyse biomécanique. Placer le marqueur près de l'extrémité du gros orteil, plus précisément, le marqueur doit être placé à l'extrémité distale des premières phalanges.
RME	Cuisse	<u>Right and left médial femoral epicondyle</u>
LME		Proéminence médiale de l'épicondyle fémoral médial droit et gauche.
RMM	Partie inférieure de la jambe	<u>Right and left medial malleolus</u>
LMM		Apex distal de la malléole médiale droite et gauche.
RSM	Pied	<u>right and left second metatarsal</u>
LSM		Face dorsale de la deuxième tête métatarsienne droite et gauche.

4. Considérations éthiques :

- Le recrutement a été uniquement fondé sur le volontariat.
- Tous les patients ont été informés des objectifs et de la procédure de l'étude.
- Un consentement éclairé avec un accord oral a été obtenu auprès de tous les patients ayant participé à cette étude.
- Durant toute la période de l'étude, l'anonymat des participants a été préservé et la confidentialité des données strictement respectée.



Résultats



I. Données épidémiologiques :

1. Age :

L'âge de nos patients varie entre 26 et 77ans, avec une moyenne d'âge de 59,8ans. La tranche d'âge la plus concernée se situe entre 50 et 59ans représentant 47% des cas. (Figure5)

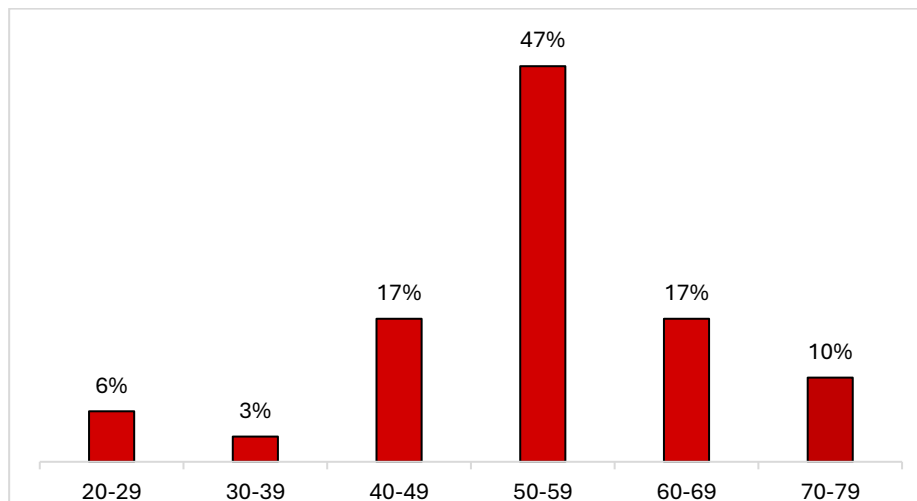


Figure 5 : Répartition des patients selon l'âge en année

2. Le sexe :

Dans notre échantillon, on note la prédominance du sexe féminin avec 27 femmes (90%), et 3 hommes (10%). (Figure 6)

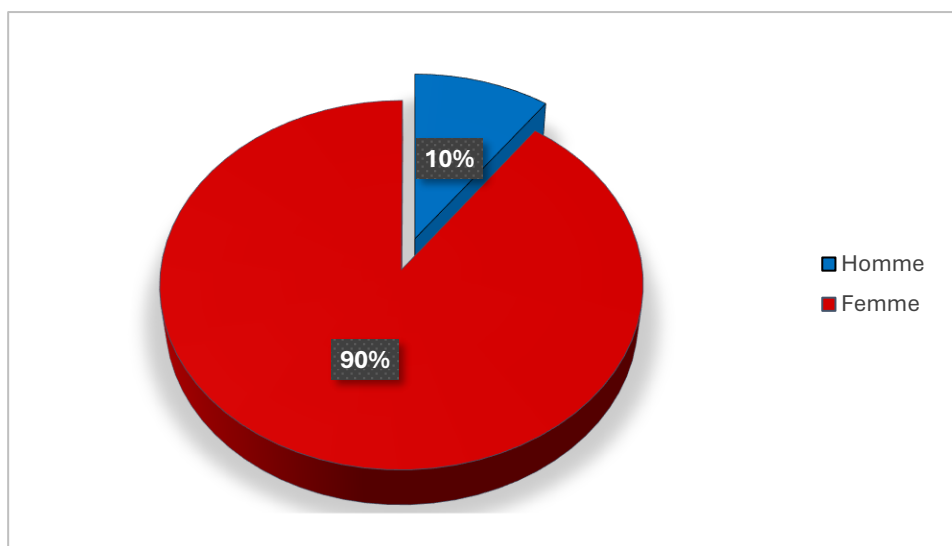


Figure 6 : Répartition en pourcentage des patients selon le sexe

3. La profession :

Dans notre série vingt-et-une (70%) patientes sont des femmes au foyer, suivies par d'autres professions. (Figure 7)

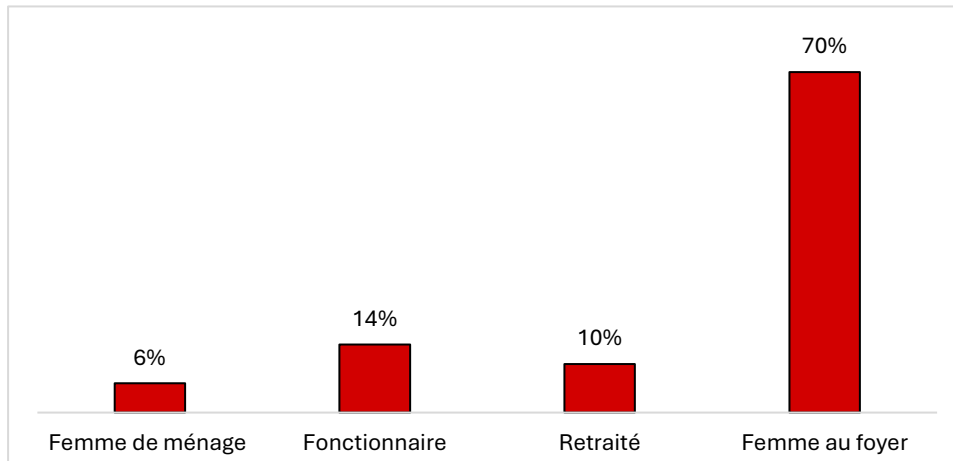


Figure 7 : Répartition des patients selon la profession

4. Activité physique :

La majorité des patients (87%) étaient sédentaires. Seuls 4 patients (12%) ont rapporté pratiquer une activité physique, sans précision sur sa nature. (Figure 8)

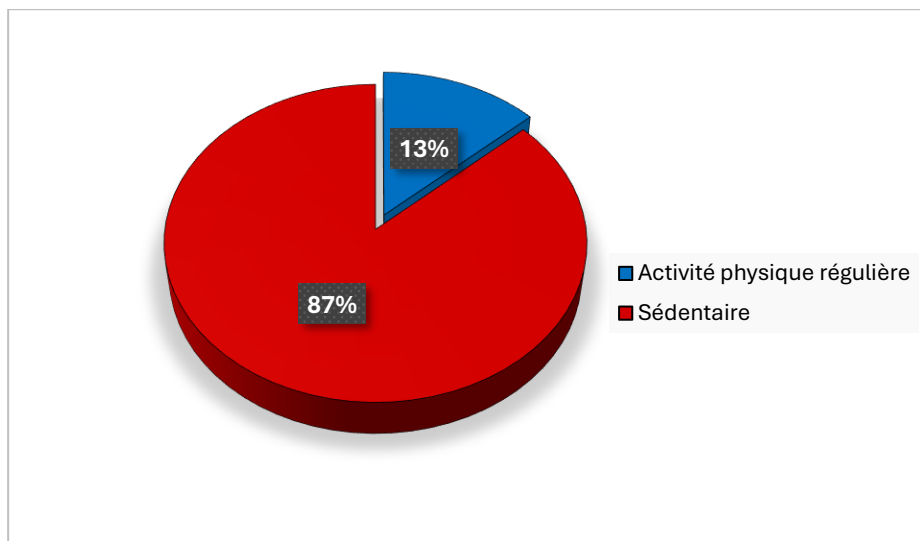


Figure 8: Répartition en pourcentage des patients selon l'activité physique

5. Coté dominant :

Dans notre série, 100 % des patients étaient droitiers.

II. Données anthropométriques :

1. Données moyennes des patients :

Tableau II: Données anthropométriques des patients de l'étude

	Minimum	Maximum	Moyenne
Poids en kg	60	118	80,9
Taille en cm	147	180	160,5
IMC (Indice de Masse Corporelle) en kg/m2	22,82	44,41	31,66
Pointure	37	43	39,13
Distance inter ASI en cm	25	33	28,03
Distance entre EIAS et MI en cm	75	95	84,06

1.1 Poids :

87% des patients avaient un poids qui varie entre 60 et 100kg, tandis que 13% avaient un poids >100kg. (Figure 9)

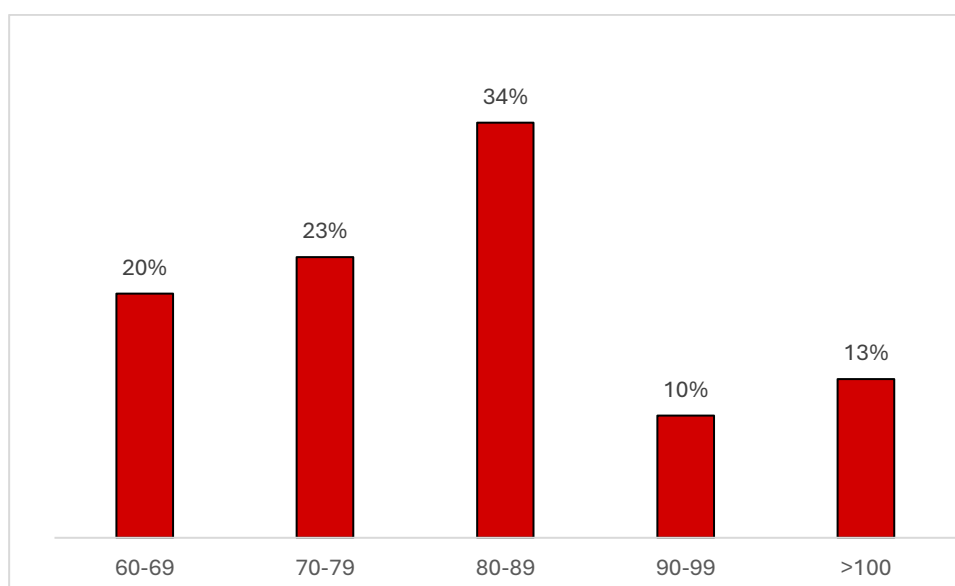


Figure 9 : Répartition des patients selon le poids en kg

1.2 La taille :

La majorité des participants à l'étude, soit 61%, avaient une taille comprise entre 155 et 164cm. (Figure 10)

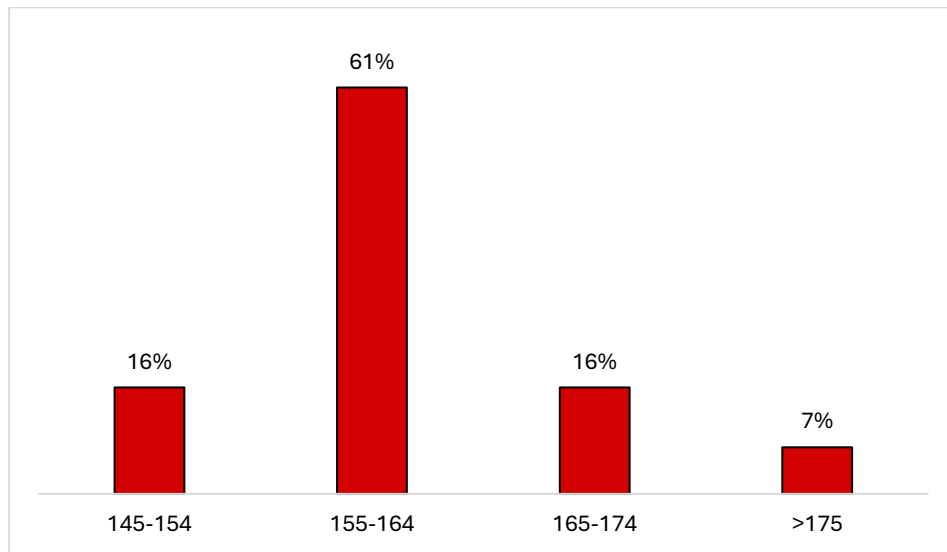


Figure 10 : Répartition des patients selon la taille en cm

1.3 IMC :

Dans notre étude, 40% des patients souffraient de surpoids, 10% ont un IMC normal, tandis que l'ensemble des formes d'obésité regroupe 50% des patients étudiés.

(Figure11)

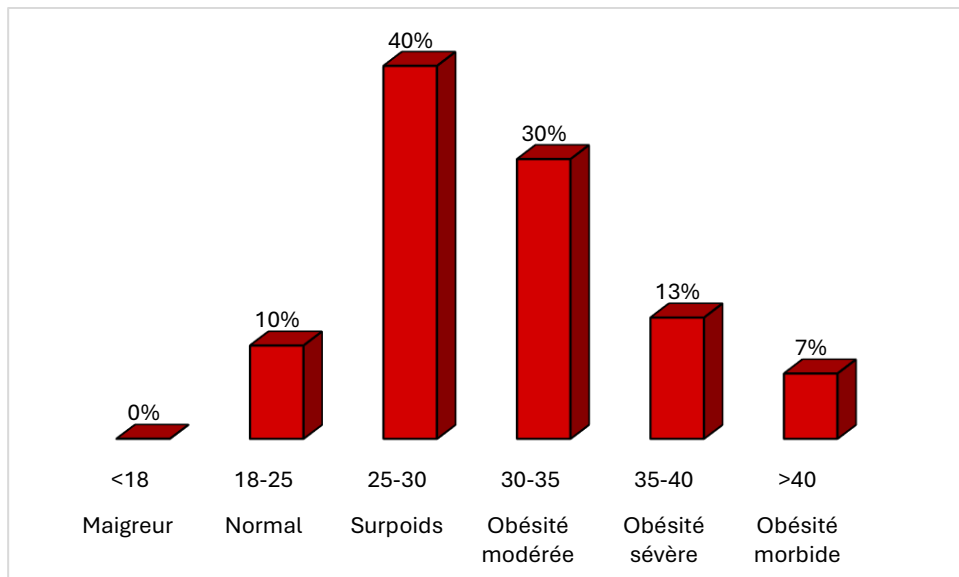


Figure 11 : Répartition des patients selon leur IMC en kg/m²

1.4 Pointure :

Soixante pour cent des patients (60%) avaient une pointure entre 39 et 40, tandis que les pointures entre 37 et 38 représentaient 33% et les pointures plus de 40 représentaient 7% des patients. (Figure 12)

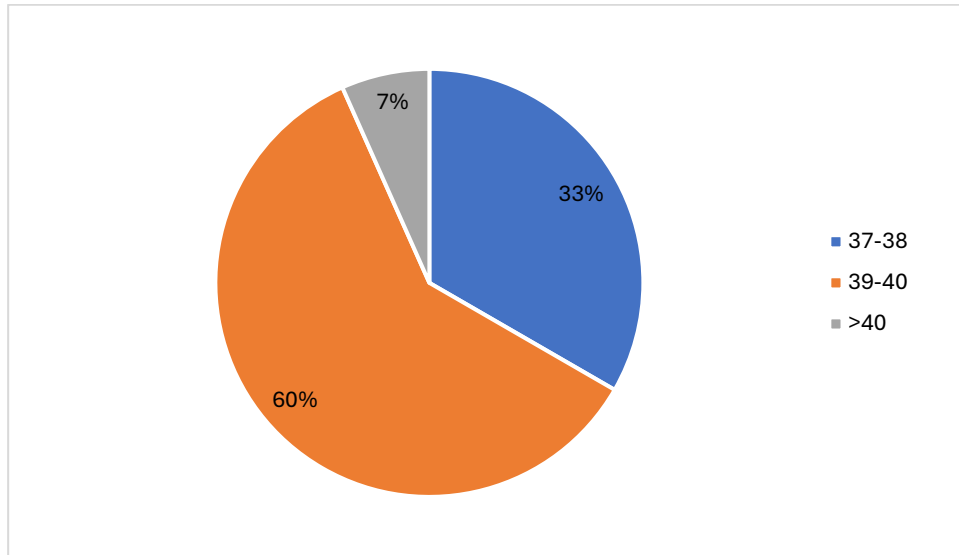


Figure 12 : Répartition des patients selon leur pointure

1.5 Distance inter ASI :

La majorité des patients (57%) à notre analyse de la marche avaient une distance inter ASI allant de 28 à 30cm, tandis que 36% se trouvaient entre 25 et 27cm. (Figure 13)

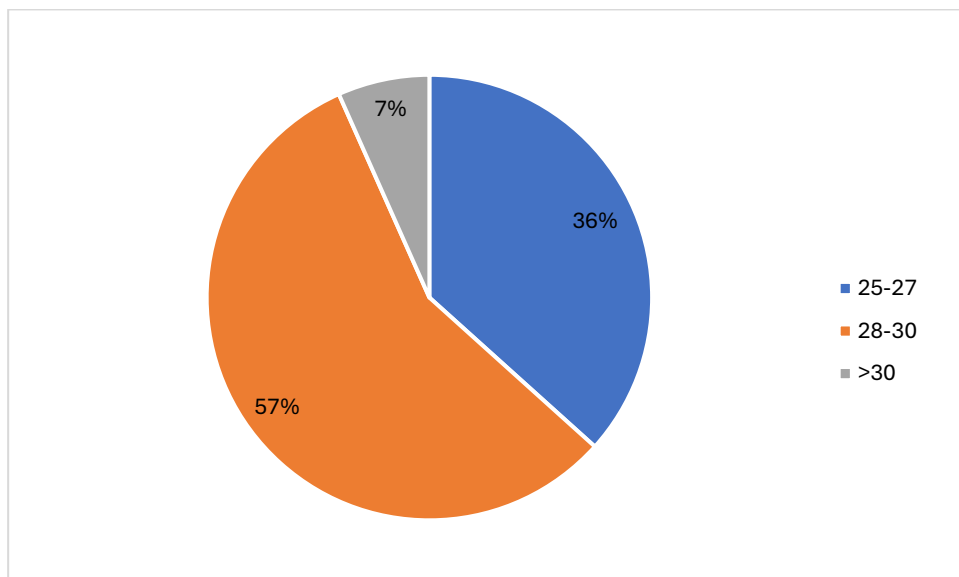


Figure 13 : Répartition des patients selon la distance

1.6 Distance entre EIAS et MI :

Notre analyse a montré une symétrie entre les membres droit et gauche, avec une différence maximale de 1cm observé chez une patiente. (Figure 14)

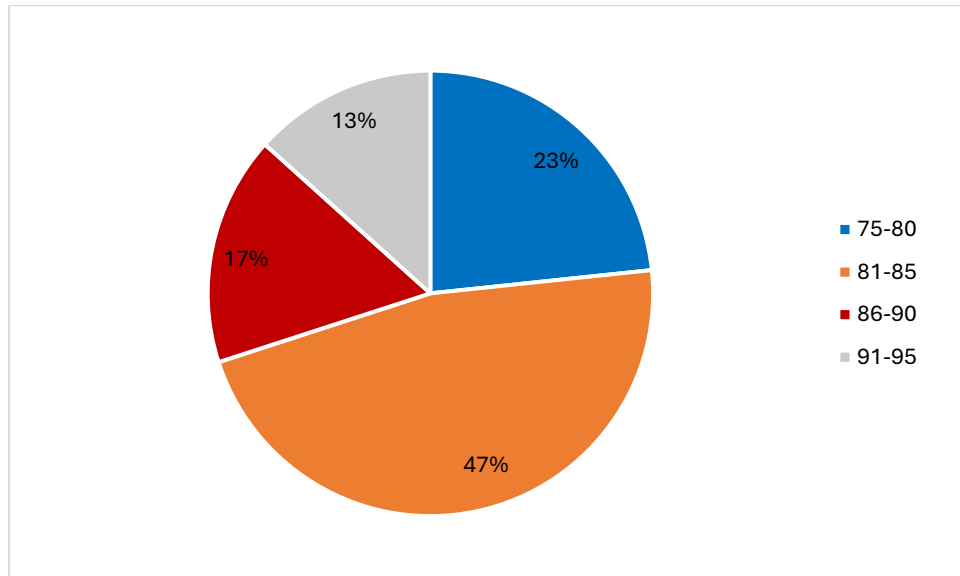


Figure 14 : Répartition des patients selon la distance entre les EIAS et MI en cm

III. Données cliniques :

1. Antécédents :

- Médicaux :

Une autre localisation d'arthrose est retrouvée chez la moitié des patients, 20% des patients sont suivis pour une dépression, 2 patients rapportent une cardiopathie, soit 6%, et à peu près 16% des patients rapportent un diabète type 2 (DT2) associé à une Hypertension artérielle (HTA). (Figure 15)

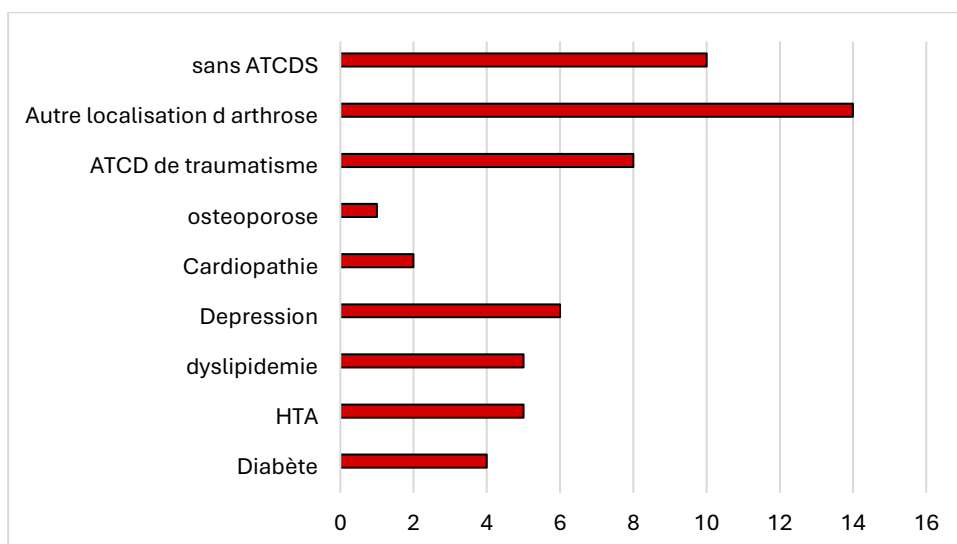


Figure 15 : Antécédents médicaux des patients

▪ **Chirurgicaux :**

8 patients ayant déjà subi une intervention chirurgicale :

16% des patients ayant bénéficié d'une cholécystectomie, 7% opérée pour cataracte, et 3% ayant subi une hystérectomie. (Figure 16)

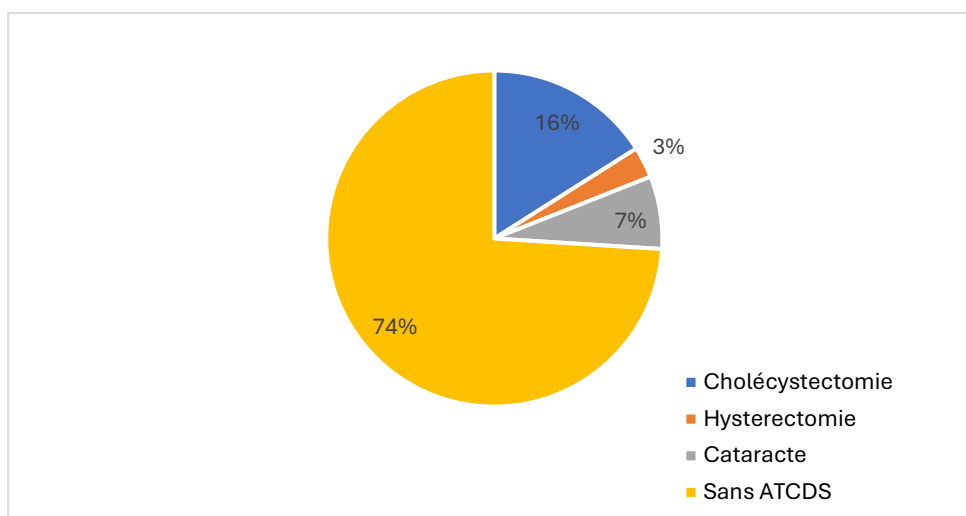


Figure 16: Antécédents chirurgicaux des patients

2. Les étiologies :

Dans notre série, la majorité des cas, soit 94%, sont dus à une gonarthrose primitive ou idiopathique, tandis que les 6% restants sont dus à une cause secondaire notamment l'obésité. (Figure 17)

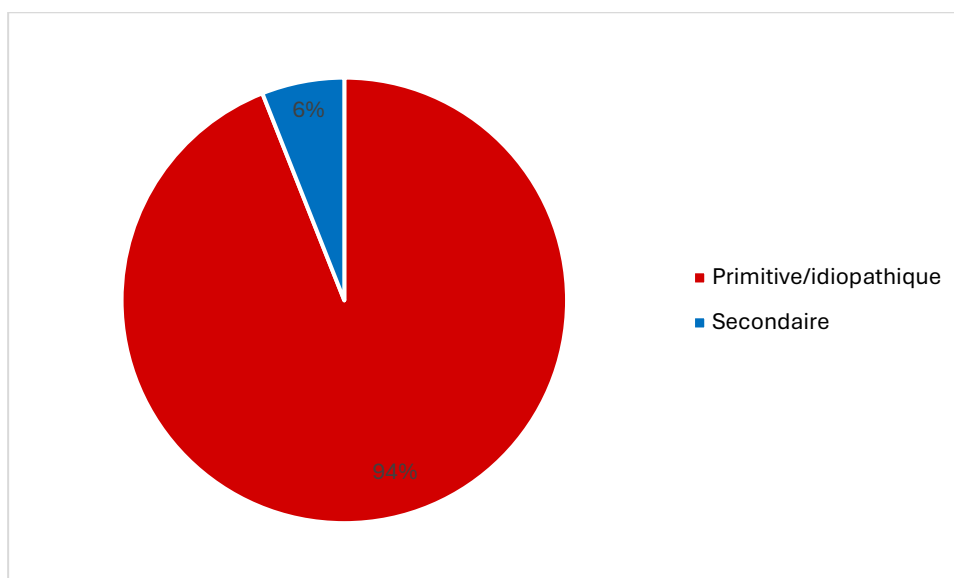


Figure 17 : Répartition des patients selon la cause de gonarthrose

3. Caractère de gonarthrose :

3.1 Durée d'évolution :

La durée moyenne d'évolution de la maladie était de 4.133 ± 3.894

Tableau III : Durée d'évolution de la maladie en années

Moyenne en années	4.133
Médiane en années	3.000
Ecart- type en années	3.894
Minimum en années	0.33 (4mois)
Maximum en années	20.0

3.2 Evaluation de la douleur selon EVA :

- EVA au repos :

Le score moyen de l'EVA douleur au repos était de 3.2/10 avec un minimum de 0/10 et maximum de 10/10.

Tableau IV : EVA douleur au repos

Moyenne (/10)	3.2
Médiane (/10)	3.0
Ecart-type (/10)	2.29
Minimum (/10)	0
Maximum (/10)	10.0

- EVA au mouvement :

Le score moyen de L'EVA douleur au mouvement était de 7.1 /10 avec un minimum de 2/10 et maximum de 10/10.

Tableau V : EVA douleur au mouvement

Moyenne (/10)	7.1
Médiane (/10)	8.0
Ecart-type (/10)	1.68
Minimum (/10)	2.0
Maximum (/10)	10.0

4. Vices architecturaux du membre inférieur :

- la plupart des patients ont une arche de pied normale, sauf 1 patients (3%) qui présente un pied plat.
- 2 patients, soit 6%, ont un genu varum, tandis que le reste (94%) ont un axe normal des genoux.

IV. Données radiologiques :

1. Latéralité :

Vingt-cinq patients (84%) ont une gonarthrose bilatérale, 3 patients (10%) ont une atteinte droite, et 2 (6%) ont une atteinte gauche. (Figure 18)

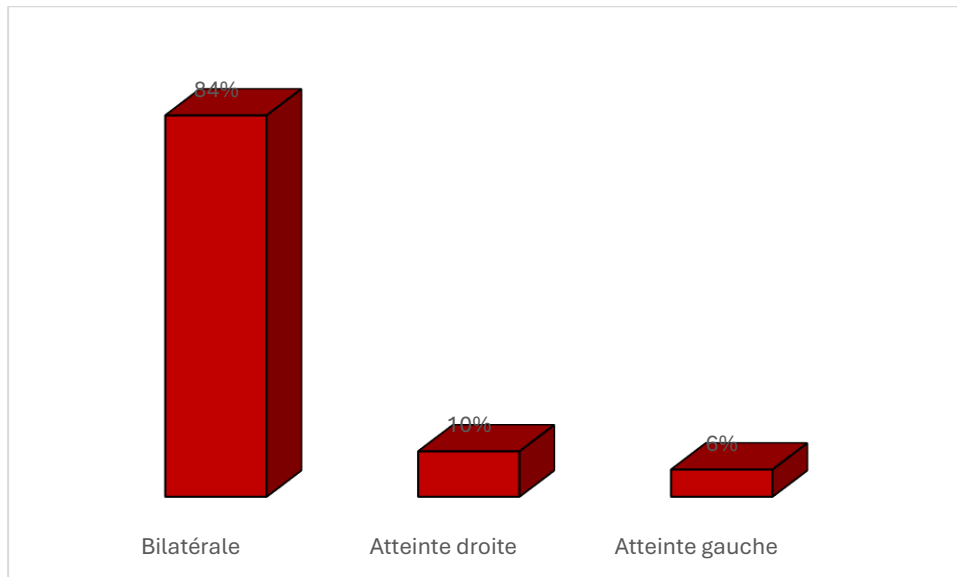


Figure 18 : Répartition des patients selon le coté atteint par la gonarthrose

2. Stadification Radiologique :

Dans notre étude, deux stades de Kellgren et Lawrence (KL) qui prédominent, stade 2 (40%) et stade 3 (48%). Les autres stades sont présentés, chacun à 6%. (Figure 19)

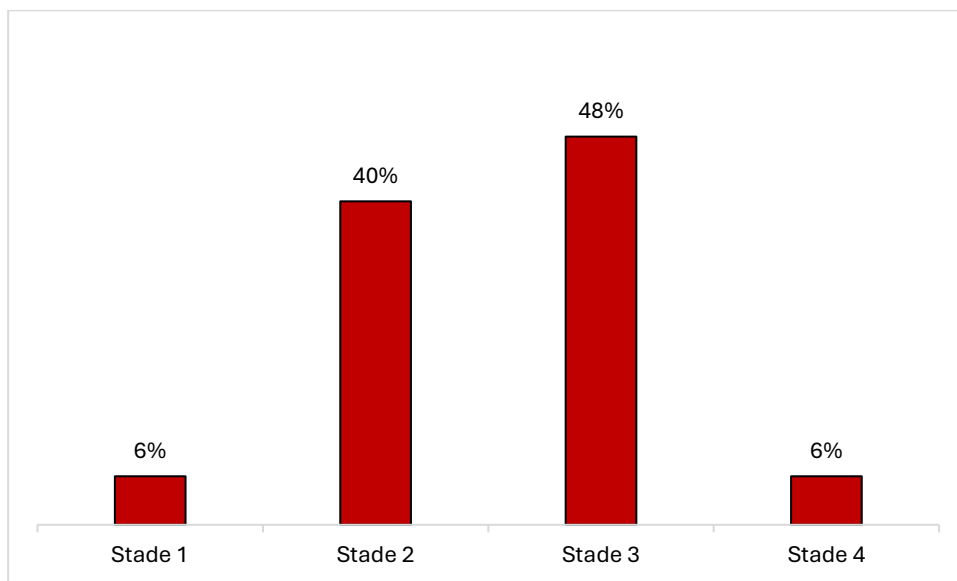


Figure 19 : Répartition en pourcentage (%) des patients selon leur stade radiologique.

V. Qualité de vie et retentissement fonctionnel :

1. Indice algo fonctionnel de Lequesne :

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

La majorité des patients présentaient un score modéré à important, représentant 40% et 37% de l'effectif. Les formes sévères et minimales étaient moins fréquentes, avec un taux de 10% et 13%. (Figure 20)

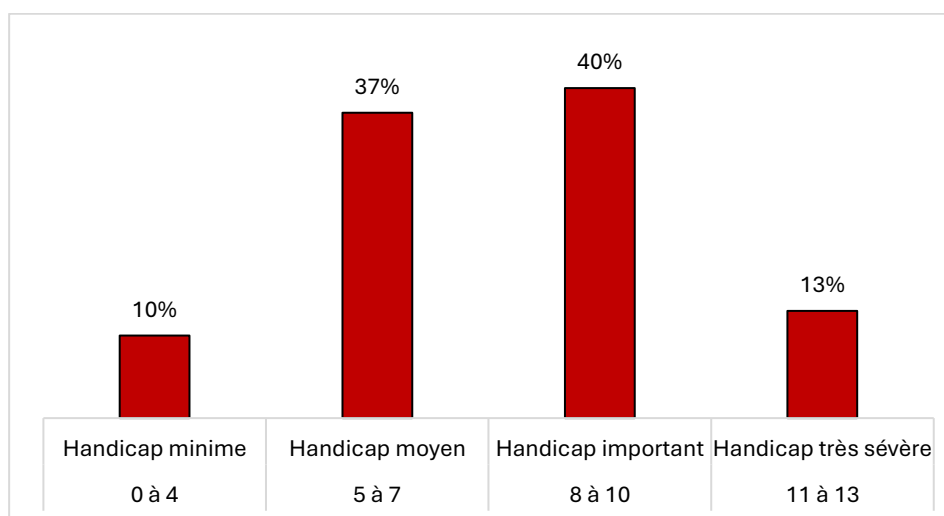


Figure 20 : Répartition des patients selon le score algo fonctionnel de Lequesne

2. Données de l'AMIQUAL :

On note une atteinte fonctionnelle asymétrique. La moyenne des scores normalisés des cinq dimensions évaluées va de 43.9 à 60.5 ; avec certains domaines (douleur, santé mentale) plus altérés que d'autres. (Tableau VI, Figure 21)

Tableau VI: Scores normalisés des dimensions de la qualité de vie selon l'AMIQUAL

Dimension	Nombre d'items	Moyenne	Minimum	Maximum
Activité Physique	16	51.6	0	94.3
Douleur	13	43.9	5	95.0
Santé Mentale	4	45.6	13.8	94.6
Activité sociale	4	60.5	0	100.0
Soutien social	3	50.5	6.8	95.0

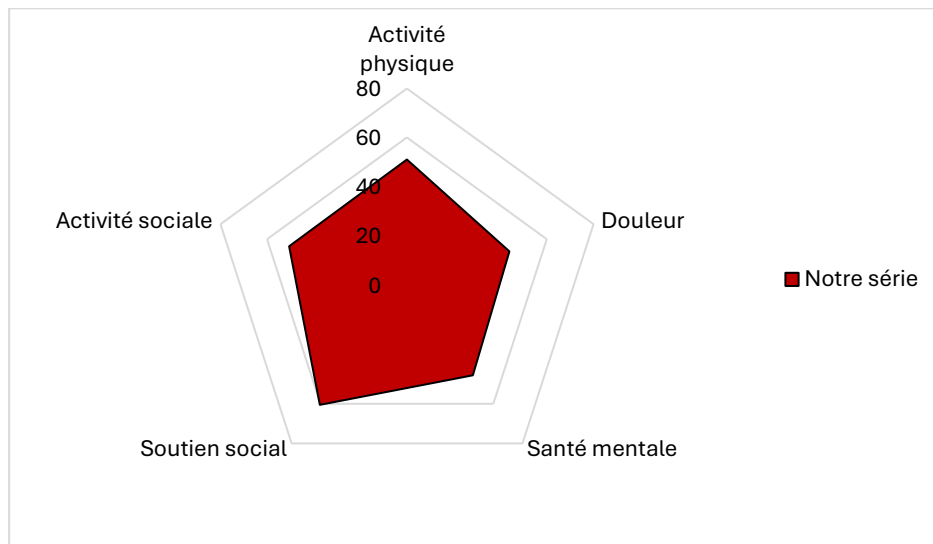


Figure 21 : scores normalisés des dimensions de la qualité de vie selon l'AMIQUAL

3. Score de WOMAC-Douleur :

Dans notre échantillon, la moyenne score WOMAC-douleur est de 56.5

34% des patients présentent un score de WOMAC entre 21 et 50, correspondant à une atteinte modérée. La majorité, soit 46% des patients, présentent une atteinte importante.

(Figure 22)

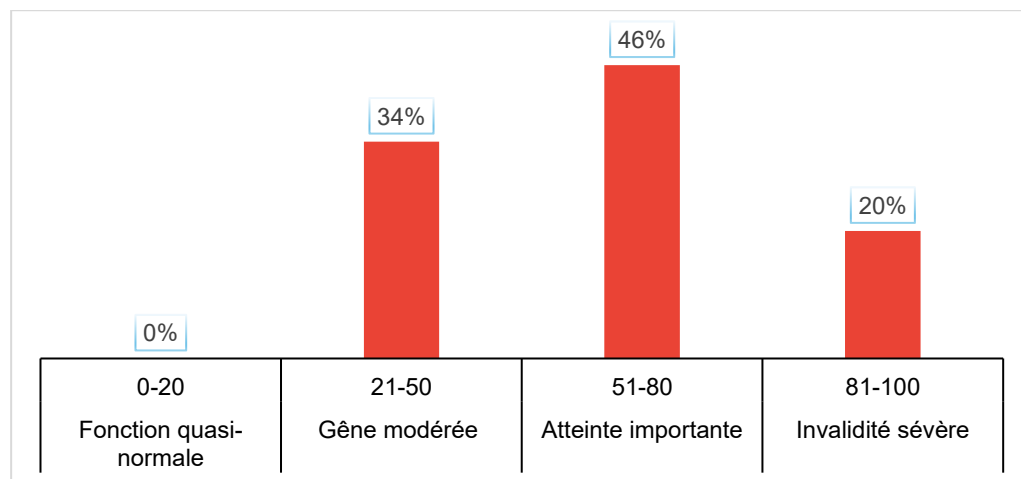


Figure 22 : Répartition des patients selon score de WOMAC

VI. Données de l'AQM :

1. Résultats spatio-temporels :

Tableau VII: Paramètres spatio temporels :

	Valeur	DS
Nombre de cycles analyses	140	
Vitesse (m/s)	0.838	
Cadence (pas/min)	98.41	
Largeur de l'enjambée (m)	0.11	0.030
Longueur de l'enjambée (m)	1.03	0.097
Nombre de pas gauche / minute (pas/min)	98.07	9.585
Nombre de pas droit / minute (pas/min)	98.76	9.247
Longueur du pas gauche (m)	0.52	0.048
Longueur du pas droit (m)	0.51	0.055
Temps d'appui gauche (s)	0.76	0.085
Temps d'appui droit (s)	0.76	0.083
Pourcentage de la phase d'appui (%)	61.4	
Temps du pas gauche (s)	0.62	0.065
Temps du pas droit (s)	0.61	0.061
Temps du cycle (s)	1.23	0.121
Temps du cycle gauche (s)	1.23	0.122
Temps du cycle droit (s)	1.23	0.120
Temps d'oscillation gauche (s)	0.48	0.049
Temps d'oscillation droit (s)	0.47	0.050
Pourcentage de la phase d'oscillation (%)	38.6	

L'analyse des données spatio-temporelles des participants à l'étude de la marche a permis d'obtenir les résultats suivants : La vitesse de progression moyenne est de 0,838 m/s, avec un temps de cycle avoisinant 1,23 s, ce qui reste inférieure aux valeurs typiques des adultes sains. La cadence est proche de 98 pas/minute, ce qui traduit une régularité dans la répétition des cycles.

La longueur du pas était d'environ 0,51m, avec une bonne symétrie entre le côté gauche et le côté droit, chaque pas durant en moyenne 0,61s.

L'enjambée mesurait 1,03 m de longueur pour une largeur de 0,11 m, traduisant un élargissement modéré de la base de sustentation.

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

La phase d'appui était estimée à 0,76 s, représentant environ 61 % de la durée totale du cycle, tandis que la phase d'oscillation durait 0,48 seconde, soit environ 39 % du cycle. Ces résultats traduisent une organisation locomotrice globalement stable, symétrique et régulière entre les deux côtés. (Tableau VII, Figure 23)

Globalement, ces résultats suggèrent une marche plus lente et plus prudente que celle observée chez l'adulte sain, sans asymétrie notable.

Speed	0.838 m/s	0.539 Statures/s
Stride	Wid(238) 0.113±0.030m	Len(239) 1.033±0.097m
Cycle Time	Computed: 1.233 s	Actual (239) 1.232±0.121 s
Measure±StdDev (Count)		Measure±StdDev (Count)
Left : 0.518±0.048 m (140)	Step Length	Right : 0.512±0.055 m (142)
Left : 0.618±0.065 s (140)	Step Time	Right : 0.613±0.061 s (142)
Left Stance : 0.756±0.085 s (139)	Stance/Swing	Left Swing 0.479±0.049 s (144)
Right Stance 0.758±0.083 s (139)	Stance/Swing	Right Swing 0.473±0.050 s (145)
Left : 0.756±0.085 s (139)	Stance Time	Right : 0.758±0.083 s (139)
Left : 0.479±0.049 s (144)	Swing Time	Right : 0.473±0.050 s (145)
Left : 1.233±0.122 s (123)	Cycle Time	Right : 1.232±0.120 s (116)
Left : 98.066±9.585 (140)	Steps / Minute	Right : 98.755±9.247 (142)
Left : 49.107±4.530 (123)	Strides / Minute	Right : 49.137±4.489 (116)
Left : 0.140±0.028 s (163)	Initial DBL Support	Right : 0.141±0.033 s (157)
Dbl Limb Support (320)		0.281±0.061 s

Figure 23 : Graphique des paramètres spatio-temporels

2. Les amplitudes articulaires :

2.1. Amplitudes articulaires des genoux :

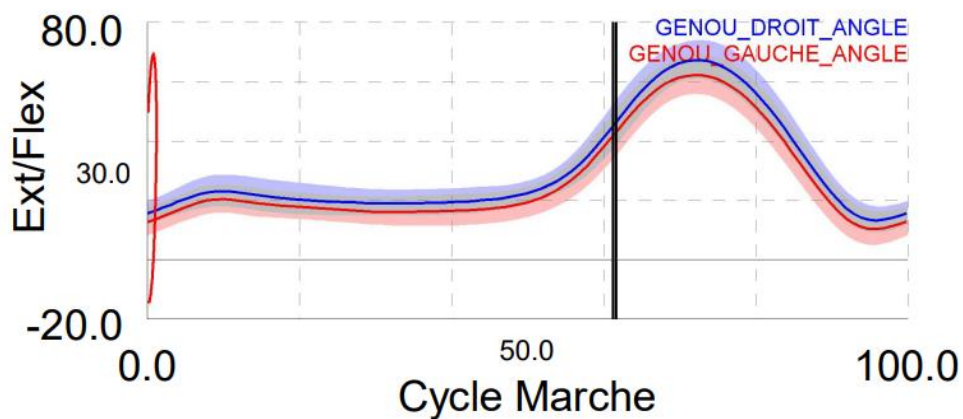
Tableau VIII : Degrés de flexion du genou

X (sagittal)				
	Gauche	DS	Droit	DS
1 ^{er} pic de flexion	20.70	±5.63	23.44	±4.37
2 ^e pic de flexion	62.67	±6.60	67.72	±6.44
Amplitude	51.98		54.11	
Moyenne des 2 genoux	53.05			

Sur le plan sagittal (X), les degrés de flexion/extension des genoux droits, au cours du cycle de marche des participants à l'étude variaient de 23.44° (1^{er} pic de flexion) à 67.72° (2^e pic de flexion), donnant une amplitude totale de 54.11°.

Pour les genoux gauches, les valeurs allaient de 20.70° (1^{er} pic de flexion) à 62.67° (2^e pic de flexion), donnant une amplitude de 51.98°. (Tableau VIII, Figure 24)

GENOU Sag



--- Genou droit – Genou gauche intervalle des valeurs normales

Figure 24 : Graphique des degrés de flexion/extension du genou

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

La moyenne d'amplitude des genoux gauches et droits observée dans notre étude est de 53.05, valeur inférieure aux normes habituellement décrites dans la littérature. Cette diminution traduit une limitation fonctionnelle significative chez nos patients.

3. Réaction de la plateforme de force :

Tableau IX : Réaction de la plateforme de force (GRF) du pied droit et gauche.

	Gauche (N/kg)		Droit (N/KG)	
Premier pic	1.17	±0.18	1.18	±0.19
Second pic	1.21	±0.17	1.24	±0.19
Minimum entre premier pic et second pic	1.06	±0.17	1.05	±0.18

Le 1er pic de la force exercée par les deux membres en vertical sur la plateforme était égal à 1.18 N/Kg, correspondant au contact initial du talon, et le second pic était égal à 1.23 N/Kg, correspondant à la phase de propulsion. Le pic minimal entre les deux pics précédents, représentant la phase d'appui médian, était égal à 1.06 N/Kg.

(Tableau IX, figure 25)

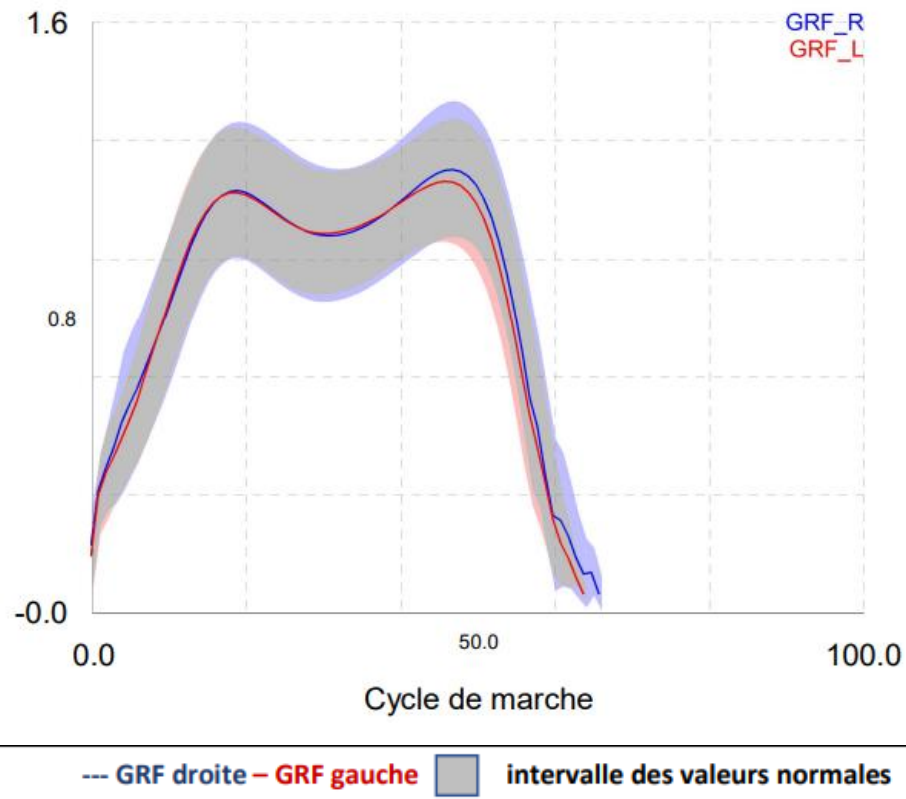


Figure 25 : Graphique de la réaction de la plateforme de force

Ces valeurs sont globalement conformes à celles rapportées chez l'adulte sain, avec un second pic légèrement supérieur à la norme.

Cette distribution suggère une modulation adaptative de la charge verticale pendant le cycle de marche, reflétant des stratégies compensatoires articulaires visant à réduire la douleur et à préserver la fonction du genou chez les patients atteints de gonarthrose.



DISCUSSION



I. Généralités sur la marche

1. Définition de la marche

La marche est le mode de locomotion naturel de l'Homme, lui permettant de maintenir l'équilibre en position debout tout en assurant la propulsion du corps vers l'avant [11].

Elle correspond à une répétition cyclique et alternée des mouvements des segments corporels dans les trois plans de l'espace, impliquant les deux membres inférieurs avec au moins un pied en contact avec le sol à tout moment [12].

La marche est un élément fondamental de l'autonomie, permettant les déplacements, les interactions sociales et la réalisation des activités quotidiennes. Son altération peut significativement impacter la qualité de vie et la participation sociale de l'individu.

2. Rappel anatomique, biomécanique et physiologique de la marche

2.1 Organisation générale du système locomoteur

La marche résulte d'une activation musculaire cyclique, automatique et coordonnée, modulable par un contrôle volontaire, par exemple lors de changements de direction ou d'adaptation de la vitesse [11].

Elle mobilise de nombreuses structures anatomiques : articulations, muscles, os et systèmes nerveux central et périphérique. Toute dysfonction à un niveau peut modifier le cycle de marche [12].

2.2 Rôle des articulations du membre inférieur

Les articulations principales impliquées sont :

- **La Hanche (articulation coxo-fémorale)** : qui assure la stabilisation du tronc et propulsion.
- **Le Genou** : comprend trois compartiments (fémoro-tibial médial, fémoro-tibial latéral et fémoro-patellaire), permettant flexion/extension et absorption des chocs [11].

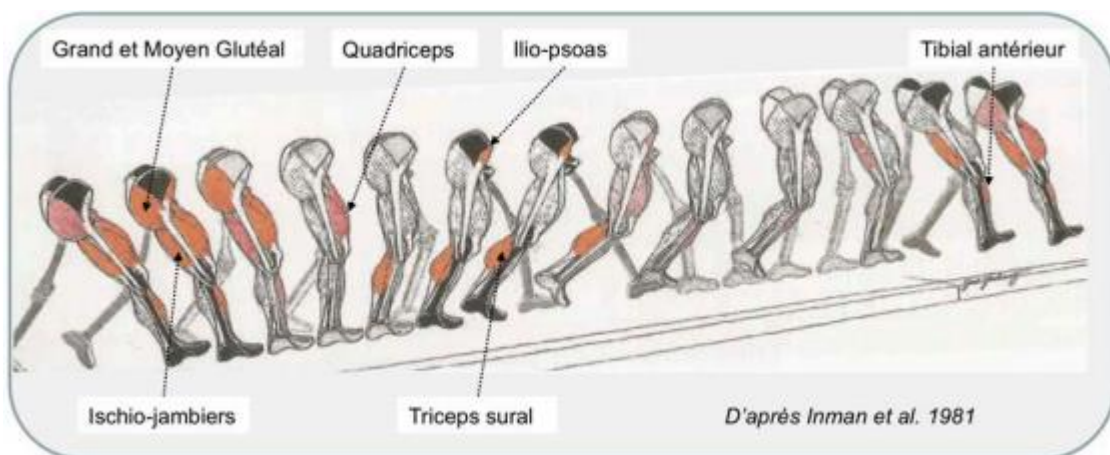
- La Cheville (articulation talo-crurale) et articulations du tarse : pour l'ajustement du pied pour la stabilité et la propulsion[11]

2.3 Biomécanique de la marche normale

La biomécanique de la marche examine les mouvements articulaires, les forces et moments articulaires, et l'activation musculaire.

la locomotion nécessite la coordination de 48 muscles chargés de stabiliser le tronc et les membres inférieurs, garantissant ainsi une progression optimale du corps vers l'avant. Les muscles essentiels comprennent[13]: (Figure 26)

- **Gluteus medius** : stabilisation du bassin donc le tronc lors de l'appui unipodal empêchant la chute du bassin vers le membre inférieur oscillant.
- **Quadriceps** : extension du genou.
- **Ischio-jambiers** : qui sont au nombre de trois : le biceps fémoral, le muscle semi-tendineux et le muscle semi-membraneux. Ils sont fléchisseurs de la jambe.
- **Tibial antérieur** : flexion dorsale du pied et inversion.
- **Triceps sural** : extension de la cheville et propulsion.



Muscles profonds en noir et muscles superficiels colorés en rose ou rouge

Figure 26 : Activations musculaires au niveau du membre inférieur droit durant un cycle de marche

L'activité musculaire peut être analysée par électromyographie (EMG), qui mesure l'intensité électrique générée par chaque muscle au cours du cycle de marche[14] (Figure 27)

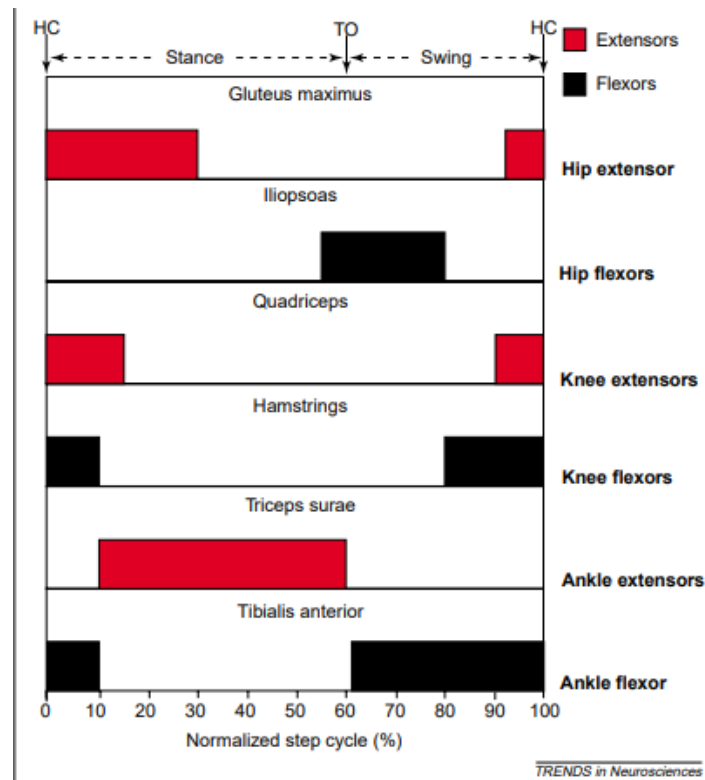


Figure 27 : Activation musculaire durant un cycle de marche, d'après Capaday (2002)[14]

2.4 Importance des mécanismes neuromusculaires et de la coordination

La marche nécessite un contrôle postural dynamique efficace, intégrant les systèmes proprioceptif, vestibulaire, visuel et cérébelleux.

Les activations musculaires des membres inférieurs sont régularisées par le générateur spinal de marche, réseau neuronal situé au niveau lombaire, capable de produire une activité rythmique coordonnée.

Les structures supra-spinales (aires locomotrices corticales, noyaux de la base et cervelet) ajustent et modulent la commande motrice [14].

Le générateur spinal de marche n'est pas l'unique élément permettant la commande de la marche. On retiendra, de manière simplifiée, l'implication des aires locomotrices supra-spinales, des noyaux de la base (striatum ventral), du cortex associatif fronto-pariétal et du cervelet[11]. (Figure 28)

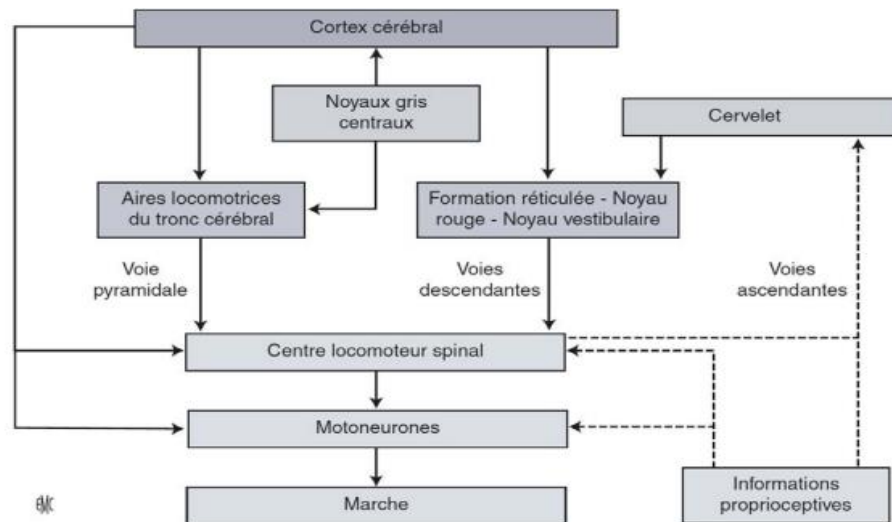
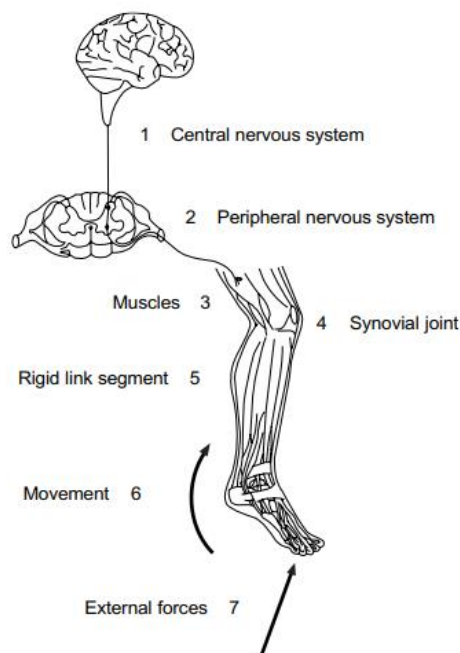


Figure 28 : Principales structures impliquées dans l'organisation de la marche d'après Defebvre,2010.

Toute altération ou dysfonctionnement de ces structures, qu'elle soit centrale ou périphérique, musculaire ou articulaire, peut modifier la qualité et l'efficacité de la marche [12], [15].



1 : système nerveux central ; 2 : système nerveux périphérique ; 3 : muscles ; 4 : articulations ; 5 : segments rigides (os) ; 6 : Mouvements ; 7 : forces externes

Figure 29 : Illustration des différents niveaux du système locomoteur (Vaughan et al. 1992)[15]

3. Cycle de la marche

Le cycle de marche correspond à la succession d'événements nécessaires à la progression d'un membre inférieur et est exprimé en pourcentage de la durée totale du cycle [11], [16].

Il comprend deux phases principales :

- **Phase d'appui (0-60 % du cycle)** : le pied est en contact avec le sol, elle débute au moment où le talon du pied se pose au sol et termine au décollement des orteils de la surface du sol.
- **Phase oscillante (60-100 % du cycle)** : où le pied n'est plus en contact avec le sol correspond à l'avancée du membre inférieur, elle débute au moment où les orteils décollent du sol et termine au contact au sol du talon du même pied.

La description du cycle est codifiée internationalement et constitue la base de l'analyse d'une marche normale ou pathologique [16]. (Figure 30)

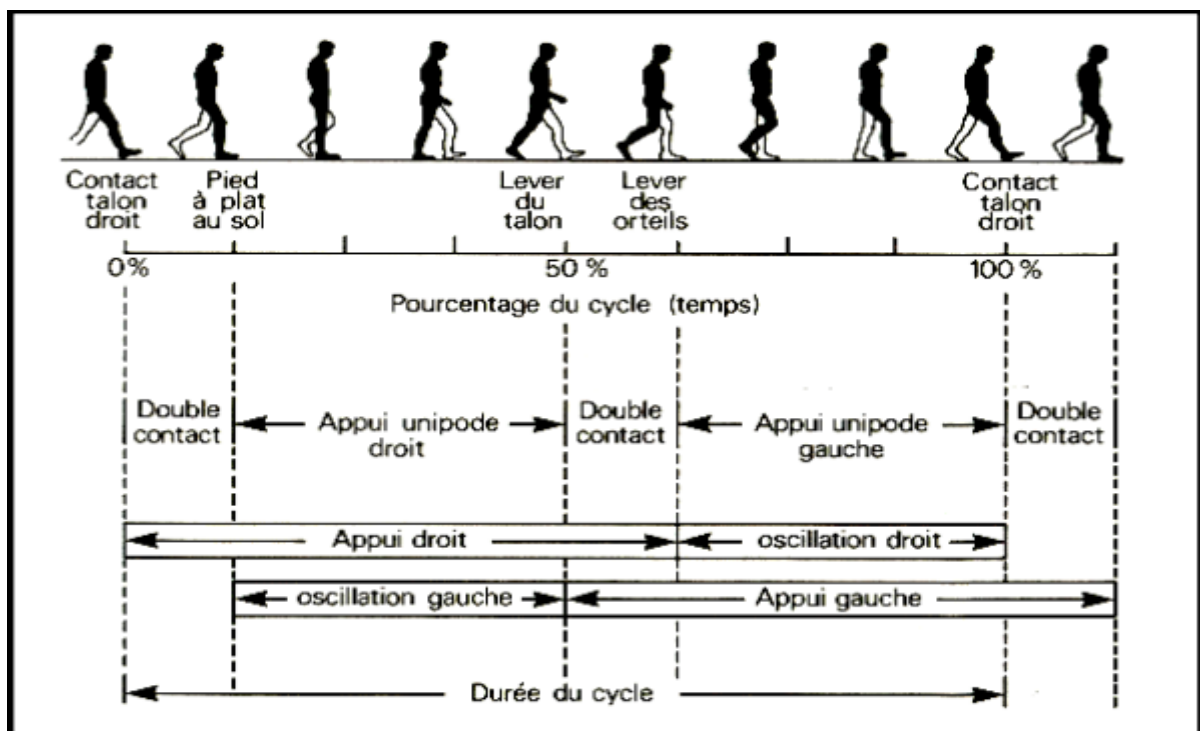


Figure 30 : Représentation du cycle de la marche d'après (Viel 2000)[16]

En conclusion, la marche, bien qu'apparemment simple, résulte d'une interaction complexe entre articulations, muscles, os et systèmes nerveux, nécessitant une coordination fine pour assurer stabilité, propulsion et adaptation aux conditions environnementales.

II. Historique et évaluation de l'analyse de la marche

1. Observations cliniques et descriptives

La marche humaine constitue l'un des domaines les plus anciens et les plus étudiés en biomécanique. Les bases théoriques reposent sur le développement des connaissances mécaniques et physiologiques entre le XVI^e et le XIX^e siècle. Les travaux de Cardan, Euler, Newton et Descartes (1500–1800) ont permis de poser les fondements de la mécanique appliquée au mouvement humain, tandis que Borelli, Van Haller, Barthez, Magendie, Poisson et Gerdy (1600–1850) ont contribué à l'étude de la physiologie du mouvement [17].

Une avancée majeure a été réalisée par les frères Weber, qui décrivaient la marche comme une succession de chutes en avant, théorie aujourd'hui dépassée mais ayant marqué l'histoire de l'analyse du mouvement [18].

2. Premières approches instrumentales

L'application concrète de ces connaissances pour l'analyse du mouvement fut rendue possible par le développement de techniques de quantification du mouvement. Deux précurseurs, E. Muybridge et E.J. Marey, ont marqué la fin du XIX^e siècle. Muybridge a initié l'analyse séquentielle du mouvement par photographie, tandis que Marey a inventé la chronophotographie, permettant la décomposition précise de la marche [17]. (Figure 31)

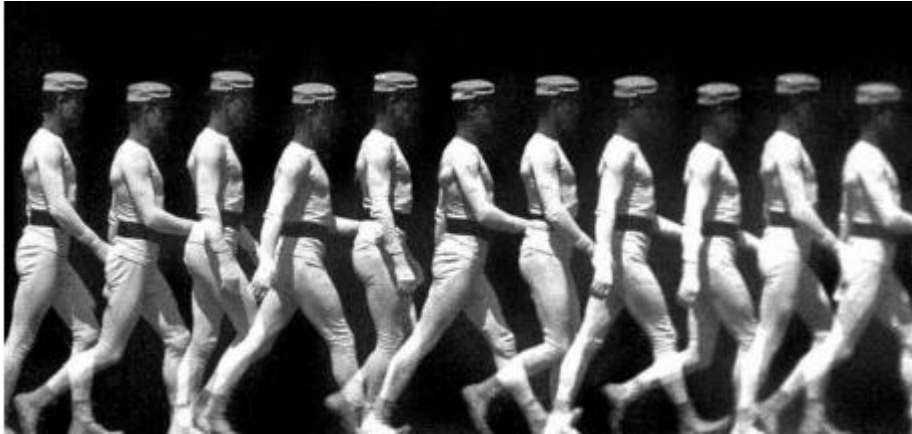


Figure 31 : Image Chronophotographique d'un homme qui marche (1883) par Etienne Jules Marey

Cet outil est à l'origine du diagramme bâton, encore utilisé de nos jours [17], [19]. (Figure 32)

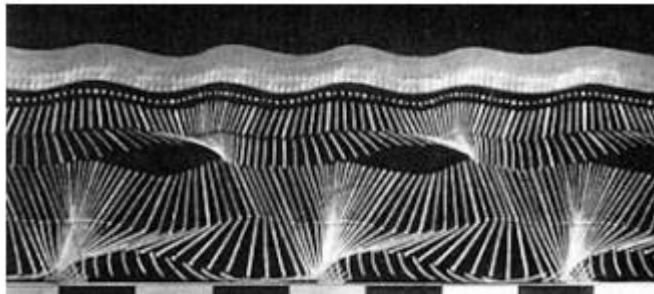


Figure 32 : Représentation en diagramme bâton de la marche humaine lors d'une expérimentation menée par Marey.

En 1895, Braun et Fischer réalisèrent la première analyse tridimensionnelle de la marche. Ils introduisirent la détermination de la position du centre de masse des segments corporels et du corps entier, ouvrant la voie à une approche plus objective et mathématique du mouvement [18].

3. Développement de l'Analyse Quantifiée de la Marche (AQM)

À partir des années 1980, l'analyse instrumentée de la marche connaît un essor considérable grâce aux progrès technologiques et à l'avènement de l'informatique. Ces innovations permettent la synchronisation et le traitement automatisé de données complexes issues de la cinématique, de la cinétique et de l'électromyographie [20].

En 1981, Gage fonde aux États-Unis le premier laboratoire d'analyse de la marche, marquant la reconnaissance de l'AQM comme examen clinique à part entière[21]. Désormais, l'analyse instrumentée n'est plus une simple démarche expérimentale mais un outil diagnostique, thérapeutique et évaluatif intégré en pratique médicale [19], [20], [21].

3.1 Définition de l'Analyse Quantifiée de la Marche

L'Analyse Quantifiée de la Marche (AQM) est un examen médical spécialisé réalisé en laboratoire, permettant de mesurer et d'analyser de manière objective les paramètres de la marche d'un patient. Son objectif est de mettre en évidence les altérations locomotrices, d'en préciser les mécanismes, de guider le choix thérapeutique le plus approprié et d'évaluer l'efficacité d'un traitement[17], [22].

Elle est prescrite par un médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation, principalement pour les pathologies orthopédiques, post-traumatiques et neurologiques [21].

L'AQM repose sur l'acquisition synchronisée de paramètres spatio-temporels, cinématiques, cinétiques (via des plates-formes de force) et électromyographiques, permettant ainsi de quantifier les angles articulaires, les forces de réaction du sol et les activations musculaires[21].

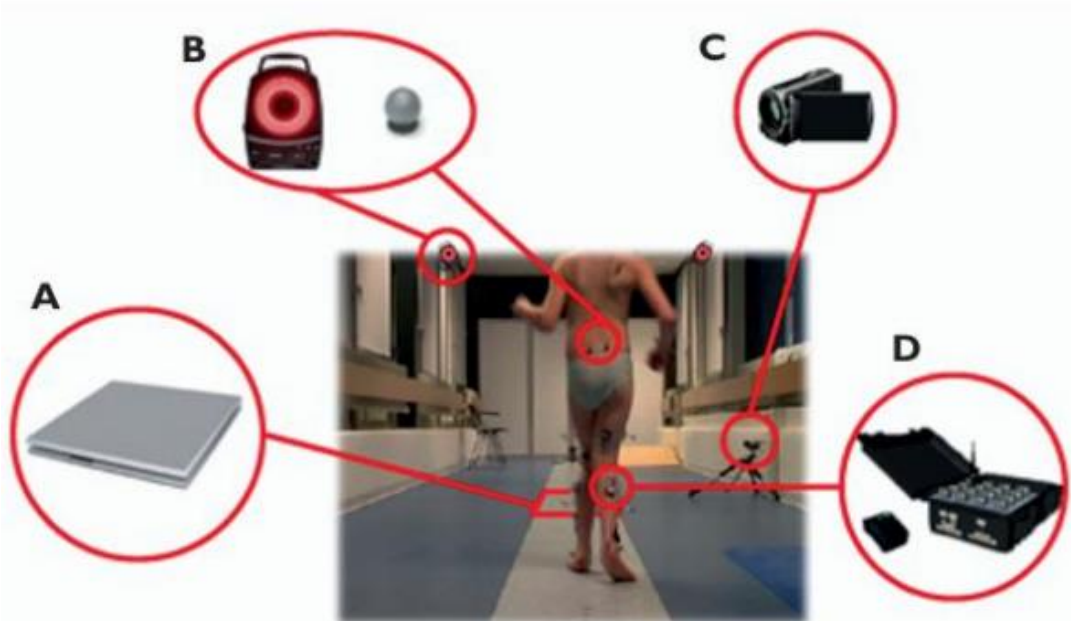
3.2 Le matériel de l'Analyse Quantifiée de la Marche

Le matériel utilisé en AQM associe différents dispositifs complémentaires :

- Des **caméras vidéo** (analogiques ou numériques) qui sont reliées à une table de montage, filmant le patient de face et de profil.
- Un **système optoélectronique** qui permet de calculer en trois dimensions les coordonnées des marqueurs situés sur les membres du patient. Ces marqueurs serviront à calculer les angles articulaires entre les segments.
- Des **plates-formes de force** intégrées au sol, elles servent à mesurer les forces externes exercées par le sujet sur le sol : forces de réaction au sol.
- Un **système électromyographique** de surface pour capter l'activité musculaire.

Ces instruments sont synchronisés et reliés à un ordinateur central, chargé de l'acquisition et du traitement des données.

Certains laboratoires disposent d'équipements supplémentaires tels que des accéléromètres, semelles instrumentées, tapis de marche instrumentés, systèmes de mesure de la consommation d'oxygène ou encore des tapis roulants [19]. (Figure33)



A. Plate-forme de force incorporée dans le sol ; B. Système de caméras opto-électroniques et marqueurs réfléchissants ; C. Caméra numérique vidéo ; D. Système d'électromyographie de surface.

Figure 33 : Matériel standard d'un laboratoire d'analyse du mouvement[19]

3.3 Déroulement de l'Analyse Quantifiée de la Marche

L'examen est réalisé sur prescription médicale, précisant l'anamnèse, les objectifs de l'exploration, les paramètres spécifiques à analyser et, parfois, les options thérapeutiques envisagées [23].

Avant l'acquisition des données, une préparation technique est indispensable : calibrage du système optoélectronique et des plates-formes de force, mise en place des électrodes EMG et des marqueurs réfléchissants, réglage des caméras et vérification du logiciel d'acquisition [21].

L'évaluation suit généralement trois étapes [21] :

1. Examen clinique préalable, incluant :

- Les mesures anthropométriques du sujet (largeurs articulaires, longueurs segmentaires, taille, poids, masse corporelle),
- La recherche de douleurs (localisation anatomique, moment d'apparition au cours du cycle de marche),
- L'examen des capacités d'équilibration, des amplitudes articulaires du membre inférieur, de la force musculaire, de la sensibilité et du tonus,
- Un examen neurologique complémentaire en cas de suspicion d'atteinte centrale ou périphérique.

2. Préparation du patient, étape déterminante de l'analyse, dans la mesure où la fiabilité et la précision des données recueillies en dépendent directement. comprenant la mise en place des capteurs, la calibration du matériel et la préparation du dossier patient [19], [21]

3. Enregistrement de la marche, réalisé d'abord de façon statique de face et de profil du sujet (calibration des marqueurs et calcul des centres articulaires), puis lors de déplacements dynamiques, avec et sans chaussage, sur plusieurs allers-retours afin d'obtenir des données représentatives [21]. (Figure 34)

Enfin, une analyse EMG de repos peut être effectuée pour mesurer le bruit de base des électrodes et distinguer les activations pathologiques de l'activité musculaire résiduelle [21].



Figure 34 : Image représentant l'acquisition dynamique qui consiste à faire des allers-retours en s'appuyant sur la plateforme de force (iconographie du CRC CHU Mohammed VI de Marrakech)

3.4 Données de l'Analyse Quantifiée de la Marche

Les données recueillies sont traitées, vérifiées et synthétisées dans un rapport comparant le patient à des référentiels de sujets sains [23]. Les paramètres étudiés sont regroupés en quatre catégories principales [24] :

- 1. Paramètres spatio-temporels** : décrivent les caractéristiques générales de la marche. Ils sont de loin les critères les plus utilisés pour caractériser la progression de l'arthrose du genou au niveau de la marche

Les paramètres spatiaux sont : (Figure35)

- Pas : progression du pied oscillant par rapport au pied porteur[11],

- Longueur du pas : distance entre deux talons lors du double appui [25],
- Largeur du pas ou écartement : distance latérale entre les talons [25],
- Angle du pas : orientation du pied par rapport à l'axe de progression [11],
- Enjambée : distance entre deux contacts successifs du même pied, corrélée à la longueur des membres inférieurs [26].

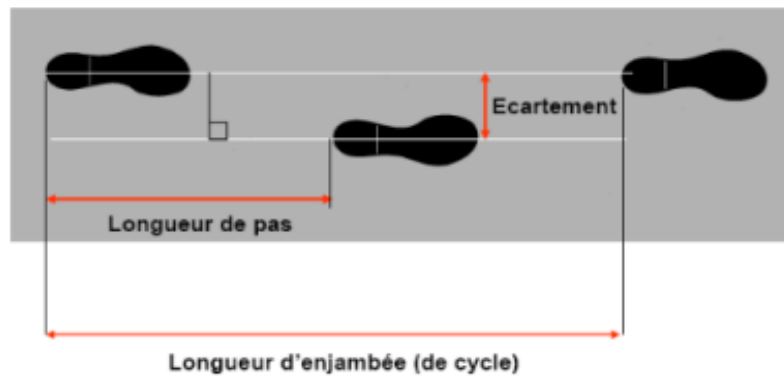


Figure 35 : Paramètres spatiaux de la marche, d'après Perry (2010)[13]

Les paramètres temporels incluent : [26]

- La cadence : correspond au nombre de pas par minute
- La vitesse de marche : déterminée par une relation mathématique entre la cadence de marche (enjambées/min) et la longueur d'enjambée (mètres).

$$\text{Vitesse de marche (m/s)} = (\text{Longueur d'enjambée} \times \text{cadence}) / 120$$

- Le temps d'appui bipodal (en secondes ou en % du cycle de marche) : la durée moyenne des temps de double appui lors du cycle de marche.
- Le temps d'appui unipodal (en seconde ou en % du cycle de marche) : la durée moyenne du temps d'appui unipodal lors d'un cycle de marche droit ou gauche. Le temps d'appui unipodal d'un côté correspond au temps oscillant controlatéral.

2. Données cinétiques : elles mesurent les forces, moments et puissances développés par les segments pour réaliser le mouvement observé [17].

3. **Données cinématiques** : elles correspondent aux variations angulaires articulaires dans les trois plans de l'espace, permettant de caractériser précisément les altérations de mouvement [17].
4. **Électromyographie (EMG)** : elle renseigne sur la durée, l'intensité et la séquence d'activation musculaire, utile pour détecter des contractions anormales ou une activité spastique [11].

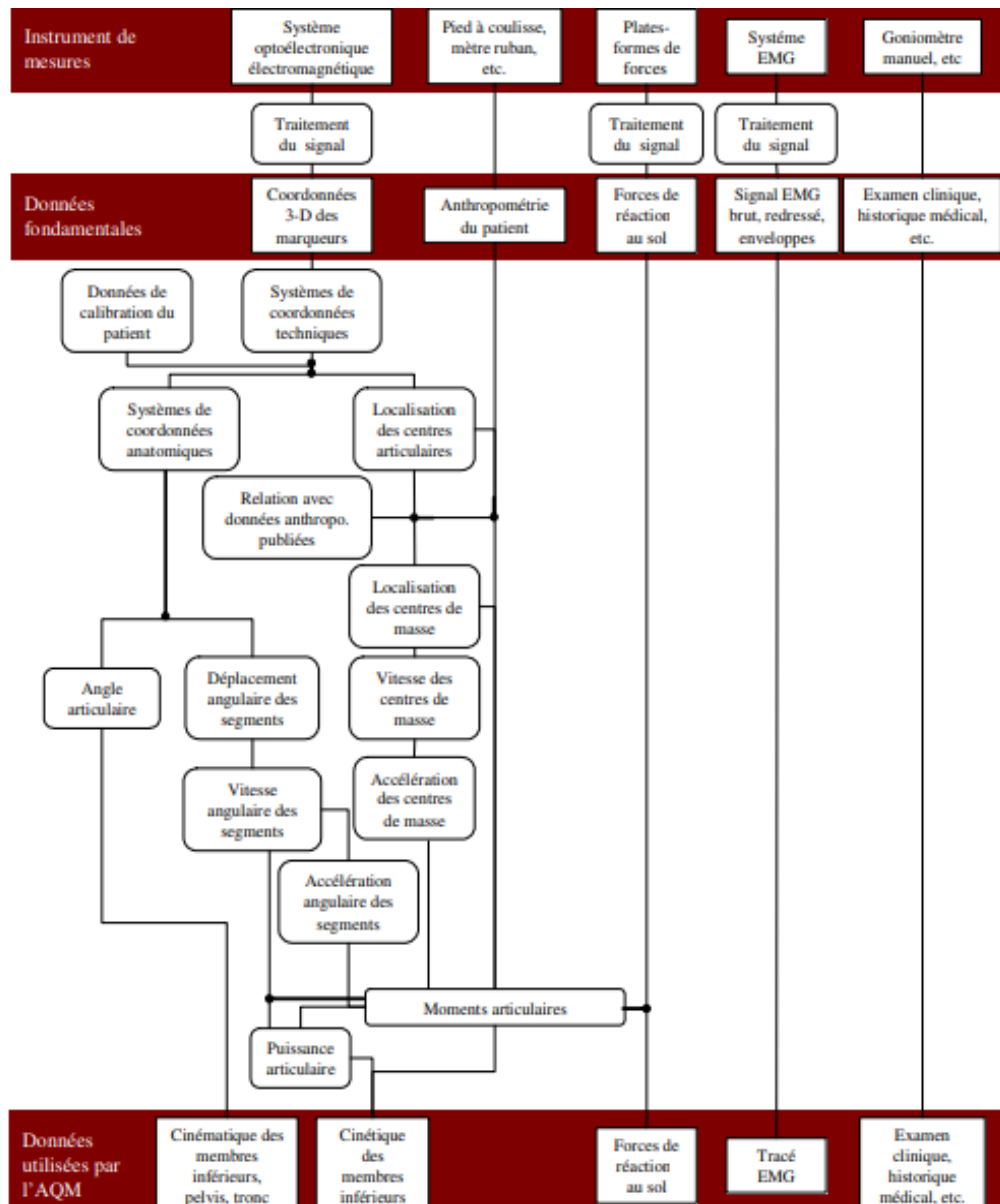


Figure 36 : Synthèse des données utilisées dans l'AQM : du matériel d'acquisition aux données d'analyse [19].

L'interprétation des résultats est pluridisciplinaire, associant au minimum un **médecin** et un **ingénieur biomécanicien**, garantissant une analyse complète et clinique des anomalies observées [27].

3.5 Les limites de l'Analyse Quantifiée de la Marche

Malgré son statut de **gold standard** dans l'étude instrumentée des troubles locomoteurs, l'AQM présente certaines limites [27] :

- Liées à l'**acquisition des données** : précision des instruments, erreurs de calibration, mauvais positionnement des marqueurs,
- Liées aux **modèles biomécaniques employés** : simplifications et difficultés à représenter la complexité anatomique réelle,
- Liées au **patient** : fatigabilité, variabilité de la marche, utilisation d'aides techniques,
- Liées à l'**interprétation** : distinction parfois difficile entre anomalies primaires et compensations, influence notable de la vitesse de marche [17].

III. Rappel physiopathologique de la gonarthrose

1. Définition et mécanismes physiopathologiques

Le genou joue un rôle central dans la marche, en particulier dans l'absorption des chocs lors de la phase de transfert du poids du corps sur le membre inférieur en appui [26]. La gonarthrose est une pathologie dégénérative chronique, caractérisée par la destruction progressive du cartilage articulaire. Toutefois, les concepts actuels dépassent la simple atteinte cartilagineuse pour envisager la maladie comme une atteinte globale de l'organe articulaire, impliquant l'os sous-chondral, les ménisques, les ligaments, les muscles périarticulaires, la capsule et la membrane synoviale [28], [29]

Sur le plan épidémiologique, sa prévalence est calquée au vieillissement de la population, traduisant le lien étroit entre l'arthrose et l'espérance de vie [30].

2. Facteurs de risque :

Le développement de la gonarthrose résulte de l'interaction de facteurs généraux et locaux [31]:

- **Facteurs généraux :**
 - Âge,
 - Sexe,
 - Susceptibilité génétique,
 - Facteurs métaboliques (tels que l'hypercholestérolémie).
- **Facteurs locaux :**
 - Traumatismes articulaires,
 - Activité sportive à risque,
 - Anomalies anatomiques du membre inférieur (genu varum, genu valgum).

3. Manifestations cliniques et conséquences fonctionnelles

Cliniquement, la gonarthrose se traduit par des douleurs, une raideur articulaire, une déformation progressive du genou et une impotence fonctionnelle. Son évolution est insidieuse et conduit à une altération notable de la fonction locomotrice [32].

Pour confirmer le diagnostic et apprécier le degré de l'atteinte, la radiographie standard reste l'examen de référence. Parmi les systèmes de classification existants, celle de Kellgren et Lawrence demeure la plus utilisée.

4. Impact sur la marche et autonomie

Au-delà des données cliniques et radiologiques, la gonarthrose engendre un retentissement fonctionnel majeur sur la marche, qui se traduit par une limitation des activités quotidiennes et un risque accru d'handicap [4], [32], [33].

L'évaluation quantifiée de la marche représente donc un outil essentiel, permettant de mieux appréhender ces altérations fonctionnelles et d'orienter les stratégies thérapeutiques chez le patient gonarthrosique [5], [33].

IV. Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose :

L'AQM constitue un outil fondamental dans l'évaluation fonctionnelle des patients atteints de gonarthrose, en permettant une compréhension fine et objective des altérations biomécaniques induites par cette pathologie. La gonarthrose, affection dégénérative chronique du genou, se caractérise par une atteinte progressive du cartilage articulaire, une modification de l'alignement des segments et des adaptations neuromusculaires qui perturbent profondément la cinématique et la cinétique de la marche.[34], [35]

Traditionnellement, l'évaluation clinique et radiologique de la gonarthrose repose sur des scores subjectifs (WOMAC, Lequesne, AMIQUAL) et sur la classification radiologique de KL, qui décrivent le retentissement structural de la maladie. Toutefois, ces outils n'appréhendent pas les altérations dynamiques du mouvement ni les contraintes mécaniques réelles que subit le genou pendant la marche.[36]

C'est dans cette perspective que l'AQM apporte une valeur ajoutée majeure, en offrant une évaluation objective, reproductible et quantitative des paramètres spatio-temporels, cinématiques et cinétiques de la marche.[37]

Sur le plan spatio-temporel, l'AQM met en évidence une diminution de la vitesse et de la longueur du pas, un raccourcissement du temps d'appui unipodal et une augmentation du temps de double appui, témoignant d'une stratégie d'évitement de douleur et d'instabilité fonctionnelle. Ces altérations apparaissent davantage ou deviennent significatives dans les stades plus avancés de la maladie.[38]

Sur le plan cinématique, elle permet d'analyser précisément les angles articulaires au cours du cycle de marche et de détecter des anomalies telles qu'un déficit d'extension en phase d'attaque du pas ou une réduction de la flexion maximale en phase d'appui, caractéristiques de la marche arthrosique.[39]

Enfin, sur le plan cinétique, l'AQM mesure les moments articulaires et les forces de réaction du sol, permettant d'identifier les surcharges mécaniques, qui contribuent à la progression de la maladie.[34]

Ces données objectives permettent de mieux comprendre la physiopathologie de la gonarthrose. Plusieurs études, dont celles de Favre et Jolles [35] et Heiden et al.[40], ont montré que les altérations mécaniques observées à la marche ,en particulier l'augmentation du moment d'adduction du genou et la co-contraction musculaire, jouent un rôle déterminant dans la progression de la dégénérescence cartilagineuse. L'AQM devient ainsi un outil de biomécanique clinique essentiel, capable de relier les anomalies mécaniques observées à la marche aux lésions structurelles de l'articulation.[41]

Sur le plan clinique et thérapeutique, l'intérêt de l'AQM réside dans sa capacité à guider la prise en charge. Elle permet :

- D'objectiver les limitations fonctionnelles et les stratégies compensatoires mises en place par le patient
- D'évaluer l'efficacité des traitements conservateurs (rééducation, orthèses, semelles correctrices) ou chirurgicaux (ostéotomie, arthroplastie) en comparant les profils biomécaniques avant et après intervention [42]
- De stratifier les patients selon leur profil de marche, afin d'individualiser les approches thérapeutiques.

Enfin, sur le plan recherche et pronostic, l'AQM offre un outil sensible pour le dépistage précoce, la surveillance de la progression de la maladie et l'évaluation des nouvelles stratégies thérapeutiques.[35]

V. Interprétation des données d'Analyse Quantifiée de la Marche chez les patients atteints de gonarthrose à la lumière de la littérature :

1. Identification de la population étudiée :

1.1 Données épidémiologiques et anthropométriques :

Dans la littérature, la taille des échantillons varie considérablement selon les études. Certains travaux portent sur un nombre restreint de participants, comme L. Zhang et al. [45] avec 20 patients, J. Sun et al. [44] avec 23 patients, T. L. Heiden et al. [40] avec 54 patients ou Gök et al. [34] avec 13 patients. D'autres études, en revanche, tels que Kaufman et al. [47] et D. H. Ro et al. [43] ont inclus des échantillons plus importants, respectivement 139 et 89 sujets.

Dans notre série, l'effectif est de 30 patients, se situant ainsi dans la fourchette des études à petit échantillon. Cette taille limitée constitue néanmoins une contrainte méthodologique, réduisant la puissance statistique et la généralisation des résultats, mais elle reste suffisante pour dégager des tendances cliniques et biomécaniques cohérentes.

L'âge moyen de notre population est de 59,8 ans, se situant dans la fourchette observée dans la littérature : 59,4 ans pour T. L. Heiden et al.[40], 65,8 ans pour D. H. Ro et al.[43], $69,9 \pm 6,6$ ans pour J. Sun et al.[44], $66,2 \pm 7,7$ ans pour L. Zhang et al.[45], $71 \pm 8,4$ ans pour K. S. Al-Zahrani et al.[46] et 57 ans pour Gök et al.[34]. Cette distribution confirme que la gonarthrose touche majoritairement des patients âgés, en accord avec son évolution dégénérative progressive et son apparition tardive.

Concernant la répartition selon le sexe, notre étude retrouve une nette prédominance féminine (90%). Cette tendance est similaire à celle rapportée par L. Zhang et al.[45] (80 %), D. H. Ro et al.[43](72 %) J. Sun et al.[44] (70 %) et K. S. Al-Zahrani et al.[46] (75 %). D'autres travaux montrent toutefois une répartition plus équilibrée, comme chez Kaufman et al.[47] (67 %) ou T. L. Heiden et al.[40] (56 %), tandis que Gök et al.[34] ont travaillé exclusivement avec des femmes. Cette observation est en accord avec le rôle reconnu des facteurs

hormonaux, morphologiques et biomécaniques dans la prédisposition des femmes à la gonarthrose.

En ce qui concerne les paramètres anthropométriques, notre population présente un poids moyen de 80,9 kg et une taille moyenne de 160,5 cm, valeurs relativement proches de celles rapportées par Kaufman et al.[47] (85 kg ; 167,9 cm) et T. L. Heiden et al. [40](81,4 kg ; 170 cm), mais supérieures aux données de L. Zhang et al. [12] ($66,8 \pm 8,7$ kg ; $155,7 \pm 6,4$ cm), de D. H. Ro et al. [10] (61 kg ; 151,7 cm) , Gök et al. [1] (77 ± 12 kg ; 157 cm) et K. S. Al-Zahrani et al. [13] (77 kg ; 165 cm).

L'indice de masse corporelle moyen de notre cohorte est de $31,66$ kg/m², indiquant une population obèse, contrastant avec les valeurs plus faibles observées dans la littérature, comprises entre $26,1 \pm 2,8$ kg/m² pour T. L. Heiden et al. [7] et $27,8 \pm 3,6$ kg/m² pour K. S. Al-Zahrani et al. [13], soulignant le rôle aggravant du surpoids dans la progression de la gonarthrose.

Ainsi, nos résultats illustrent les caractéristiques classiques de la gonarthrose rapportées dans la littérature, notamment l'âge avancé et la prédominance féminine, tout en soulignant une spécificité : la présence d'un IMC plus élevé.

L'obésité et le surpoids sont reconnus pour influencer significativement les paramètres de la marche chez les patients atteints de gonarthrose, accentuant les altérations biomécaniques liées à la pathologie selon Nebel et al.[48]

Tableau X : Comparaison des données socio démographiques et anthropométriques

	Notre étude	Royaume-Uni (K.S.Al-Zahrani et al.)[46]	Chine (L. Zhang et al.)[45]	États-Unis (Kaufman et al.)[47]	Corée du sud (D.H.Ro et al.)[43]	Chine (J. Sun et al.) [44]	Australie (T. L. Heiden et al.)[40]	Turquie (Gök et al.)[34]
Nombre	30	58	20	139	89	23	54	13
Age	59.8	71±8.40	66.2 ± 7.7	57	65.8	69.9 ± 6.6	59.4	57
Sexe	90% Femmes et 10% hommes	75% femmes et 25% hommes	80% femmes et 20% hommes	67% femmes et 33% hommes	72% femmes et 28% hommes	70% femmes et 30% hommes	56% femmes et 44% hommes	100% femmes
Poids	80.9	77±13	66.8 ± 8.7	85	61	/	81.4	77±12
Taille	160.5	165	155.7 ± 6.4	167.9	151.7	/	170	157
IMC	31.66	27.8 ± 3.6	27.6 ± 3.2	/	26.5	26.5 ± 3.04	26,1 ± 2,8	27,3

1.2 Données cliniques :

➤ **Antécédents :**

Dans l'étude de Marcum et al.[49], les auteurs rapportent que parmi les patients atteints de gonarthrose, la prévalence des comorbidités était élevée : 45 % pour l'HTA et 20 % pour le DT2. Ces comorbidités peuvent influencer la fonction physique et la vitesse de marche, en aggravant la douleur et les limitations observées lors de l'AQM.

Dans notre étude, la prévalence combinée de ces comorbidités (HTA et diabète) était plus faible, 16 %, ce qui est nettement inférieur aux valeurs observées dans la cohorte américaine.

➤ **Durée d'évolution de la maladie :**

Dans l'étude de Yahia et al.[33], la durée moyenne d'évolution de la gonarthrose était relativement courte, estimée à 1,31 an.

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

Dans notre série, elle atteint en moyenne 4.13 ans. Cette différence traduit un stade plus avancé de la maladie chez nos patients, susceptible d'expliquer la présence d'altérations biomécaniques plus prononcées à l'AQM.

Tableau XI : Comparaison de la durée d'évolution de la maladie dans les différentes séries.

Auteur	Pays	Année	Durée d'évolution de la gonarthrose en années
Yahia et al.[33]	Tunisie	2007	1.31
Notre série	Maroc	2025	4.13

➤ **EVA douleur :**

Yahia et al.[33] rapportaient une intensité douloureuse moyenne évaluée par l'EVA à 6,1/10.

Dans notre série, cette valeur était légèrement plus élevée, atteignant 7.1/10. Cette majoration de la douleur peut être attribuée à la durée d'évolution plus prolongée de la pathologie dans notre population.

Cette intensité douloureuse accrue est susceptible d'exercer un impact réel sur certains paramètres biomécaniques de la marche selon Hutchison et al.[50] , soulignant l'influence de la symptomatologie sur les adaptations locomotrices.

Tableau XII: Comparaison de l'EVA douleur moyen dans les différentes séries :

Auteur	Pays	Année	EVA douleur
Yahia et al.[33]	Tunisie	2007	6.1 /10
Notre série	Maroc	2025	7.1 /10

1.3 Données radiologiques :

La majorité de nos patients étaient au stade 3 (48%) , ce qui correspond à une atteinte modérée à sévère.

Ceci est en accord avec les données de la littérature, notamment Yahia et al.[33] et L.Zhang et al.[45]. À l'inverse, l'étude de Zeng et al.[37] présentait une proportion plus importante de formes légères (KL 1-2), traduisant probablement une population moins symptomatique ou recrutée plus précocement. (Tableau XIII)

Cette prédominance des stades avancés reflète des altérations biomécaniques plus marquées observées à l'AQM, soulignant l'influence de la sévérité radiologique sur les paramètres de la marche.[36]

Tableau XIII : Comparaison des différents stades radiologiques de KL entre les études.

	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4
Yahia et al[33]	20%		80%	
Zeng et al[37]	50%	42%	8%	
L.Zhang et al[45]	/	/	20%	80%
Notre série	6%	40%	48%	6%

1.4 Scores fonctionnels :

❖ **Score WOMAC–douleur :**

Le sous-score douleur du WOMAC est un outil subjectif largement utilisé pour évaluer l'intensité de la douleur ressentie par les patients atteints de gonarthrose lors des activités quotidiennes.

Tableau XIV : Comparaison des scores de WOMAC–douleur chez les patients atteints de gonarthrose

Auteur	Pays	Année	Score WOMAC–douleur
Nebel et al.[48]	USA	2009	45.11±19.4
Li et al.[51]	Lituanie	2022	49.90 ± 7.22
Hunt et al.[52]	Canada	2008	56.9
Notre série	Maroc	2025	56.5

Dans notre série, les patients présentent un score moyen de 56,5, traduisant une douleur modérée à importante, susceptible d'affecter significativement la réalisation des activités de la vie quotidienne.

Comparativement à la littérature (Tableau XIV), les scores rapportés par Nebel et al.[48] et Li et al.[51] sont légèrement inférieurs à ceux observés dans notre cohorte, tandis que le score décrit par Hunt et al.[52] est très proche de celui de nos patients.

Cette comparaison indique que notre population, principalement constituée de patients atteints de gonarthrose modérée à sévère (KL 2-3), présente un niveau de douleur comparable à celui des cohortes sévères décrites dans la littérature et légèrement supérieur à celui observé dans des études incluant des patients à un stade moins avancé ou avec des critères d'inclusion différents.

Ces résultats confirment que nos patients, malgré la douleur modérée à importante, conservent une variabilité fonctionnelle notable, soulignant l'intérêt d'une évaluation objective de la marche, telle que l'AQM, pour compléter les mesures subjectives et mieux apprécier l'impact fonctionnel de la gonarthrose.

2. Paramètres spatio temporels :

Chez le sujet sain, la marche se caractérise par une vitesse moyenne de 1,2 à 1,4 m/s, une longueur de pas d'environ 1,2 à 1,4 m, une cadence de 100 à 110 pas/min, et un cycle de marche composé d'environ 60 % de phase d'appui et 40 % de phase oscillante.[23], [53]

Dans notre série, la vitesse moyenne (0,838 m/s), la cadence (98,41 pas/min) et la longueur de l'enjambée (1,03 m) apparaissent légèrement diminuées par rapport aux valeurs de la marche normale, traduisant un ralentissement modéré du rythme locomoteur. En revanche, la proportion des phases d'appui (61,4 %) et d'oscillation (38,6 %) reste globalement conforme à celle du sujet sain, suggérant une préservation relative de la symétrie et de la coordination du cycle de marche malgré l'atteinte arthrosique.

Tableau XV : Comparaison des paramètres spatio-temporels

	Notre étude	Zahrani et al.[46]	L.Zhang et al.[45]	D.H.Ro et al. [43]	Gök et al.[34]	Yahia et al.[33]
Vitesse (m/s)	0.838	0.55±0.26	0.609 ± 0.168	0.887	0.90	0.780
Cadence (pas/min)	98.41	88	85.37	108.6	102	97.28
Largeur de l'enjambée (m)	0.11 ±0.03	/	0.15 ± 0.04	0.10±0.03	/	/
Longueur de l'enjambée (m)	1.03 ± 0.097	0.75±0.21	0.856 ± 0.238	0.98±0.13	1.10 ±0.10	0.94±0.15
Nombre de pas gauche /minute (pas/min)	98.07±9.585	/	/	/	/	/
Nombre de pas droit / minute (pas/min)	98.76±9.247	/	/	/	/	/
Longueur du pas gauche (m)	0.52±0.048	/	0.42±0.110	/	/	0.47±0.1
Longueur du pas droit (m)	0.51±0.055	/	0.43±0.121	0.49±0.065	0.55	0.46±0.1
Temps d'appui gauche (s)	0.76±0.085	/	/	/	/	/
Temps d'appui droit (s)	0.76±0.083	/	/	/	/	/
Pourcentage de la phase d'appui (%)	61.4	34.16	64,90	/	64	/
Temps du pas gauche (s)	0.62±0.065	/	/	/	/	/
Temps du pas droit (s)	0.61±0.061	/	/	/	/	/
Temps du cycle (s)	1.23 ±0.121	1.36	1.417 ± 0.194	1.10	1.20 ± 0.10	1.20
Temps du cycle gauche (s)	1.23±0.122	/	/	/	/	/
Temps du cycle droit (s)	1.23±0.120	/	/	/	/	/
Temps d'oscillation gauche (s)	0.48±0.049	/	/	/	/	/
Temps d'oscillation droit (s)	0.47±0.050	/	/	/	/	/
Pourcentage de la phase d'oscillation (%)	38.6	/	35,14	/	/	/

Après avoir constaté que nos patients présentent une marche légèrement ralentie par rapport à la norme, nous avons comparé leurs paramètres spatio-temporels avec ceux rapportés dans la littérature sur la gonarthrose (Tableau XV) :

- **La vitesse de marche** moyenne de nos patients était de **0,838 m/s**, se situe dans la fourchette des valeurs rapportées dans la littérature. Elle est supérieure aux valeurs

rapportées par Zahrani et al.[46](0,55 m/s) et L. Zhang et al.[45] (0,609 m/s), mais légèrement inférieure à D.H. Ro et al.[43] (0,887 m/s), Gök et al.[34] (0,90 m/s) et Yahia et al.[33] (0,780 m/s). Cela indique que nos patients conservent une vitesse de marche modérément réduite, mais relativement proche des populations étudiées.

- **La cadence de la marche** chiffrée à 98,41 pas/min est très proche de celle rapportée par Yahia et al.[33] (97,28 pas/min) ; elle est comprise entre les données de D.H. Ro et al.[43] et Gök et al.[34] qui ont trouvé des valeurs supérieures aux nôtres qui sont respectivement 108,6 pas/min et 102 pas/min ; et les valeurs de L. Zhang et al.[45] et Zahrani et al.[46] qui ont trouvé respectivement des valeurs plus faibles 85,37 pas/min et 88 pas/min. Cette position intermédiaire indique que la cadence de nos patients reste cohérente avec celles rapportées chez d'autres patients atteints de gonarthrose, avec une variation modérée.
- **La longueur moyenne de l'enjambée**, chiffrée à 1,03 m, est supérieure à celle rapportée par L. Zhang et al.[45] (0,856m) et D.H. Ro et al.[43] (0,98m), mais légèrement inférieure à celle observée par Gök et al.[34] (1,10m). Cette différence, d'environ 7 cm par rapport à la valeur la plus élevée, reste modérée et s'inscrit dans la variabilité observée chez les patients atteints de gonarthrose, sans implication fonctionnelle majeure.
- **Le temps du cycle** dans notre série était de 1,23s, se situant entre les valeurs rapportées par D.H. Ro et al.[43] 1,10 s et les plus élevées observées par Zhang et al.[45] et Zahrani et al.[46] respectivement 1,417s et 1,36 s. Il est très proche des résultats de Gök et al.[34] (1,20s) et de Yahia et al.[33] (1,20 s). Cette position intermédiaire suggère que, malgré la gonarthrose, nos patients conservent un cycle de marche relativement stable, comparable à celui décrit dans d'autres séries de patients atteints de la même pathologie.
- **La phase d'appui** de nos patients, chiffrée à 61,4 % du cycle, se situe entre les valeurs rapportées par Gök et al.[34] (64 %), Yahia et al.[33] (64,9 %) et D.H. Ro et al.[43] (≈64 %). Cette phase reste donc dans la fourchette observée dans d'autres séries de

patients atteints de gonarthrose, reflétant une stabilité relative du cycle de marche malgré l'atteinte arthrosique.

- Pour la **phase d'oscillation**, étroitement liée à la phase d'appui, les valeurs observées chez nos patients s'inscrivent dans la plage rapportée par les différentes études portant sur des patients atteints de gonarthrose et ne montrent pas d'écart significatif par rapport aux séries précédemment publiées.

Les résultats spatio-temporels de nos patients atteints de gonarthrose montrent une marche modérément ralentie, avec une cadence et une longueur de pas relativement préservées. La phase d'appui et le temps du cycle s'inscrivent dans les plages rapportées par d'autres séries de patients gonarthrosiques, reflétant l'utilisation de stratégies compensatoires pour maintenir la stabilité et réduire la charge médiale sur l'articulation du genou. Ces observations servent de base pour l'analyse suivante, qui portera sur les amplitudes articulaires et leur impact sur la mécanique de la marche. ?

3. Amplitudes articulaires des genoux :

Chez un sujet adulte sain, la flexion maximale du genou pendant la marche varie généralement entre 60 et 65° en phase de balancement et entre 10 et 15° en phase d'appui. L'amplitude totale de flexion du genou pendant la marche (flexion maximale – extension terminale), se situe généralement entre 55 et 59°, selon la vitesse de marche et la méthodologie de mesure.[23]

Dans notre série, La moyenne des amplitudes des deux genoux est de 53,05° , ce qui est légèrement inférieure à la référence des sujets sains , mais reste très proche des résultats rapportés par Ismailidis et al.[39] Cette similitude suggère que, malgré la présence de gonarthrose, les patients conservent une mobilité globale du genou relativement préservée. En revanche, dans les études d'Al-Zahrani et al.[46] et McCarthy et al.[54], l'amplitude est réduite, traduisant des adaptations compensatoires pour limiter la charge et la douleur sur le genou. (Tableau XVI)

Tableau XVI : Comparaison des amplitudes articulaires des genoux sur le plan sagittal

	Notre série	Al.Zahrani et al.[46]	McCarthy et al.[54]	Ismailidis et al.[39]
Moyenne des 2 genoux	53.05	43	44.03	52.20

Ces résultats montrent que, même si l'amplitude globale peut rester proche de la norme, certaines cohortes présentent des altérations fonctionnelles plus marquées, révélées par la réduction de la flexion pendant la phase d'appui.

4. Réaction de la plateforme de force :

Chez le sujet sain, la force de réaction verticale du sol présente deux pics correspondant respectivement à la phase d'amortissement à l'attaque du talon et à la phase de propulsion en fin d'appui. Selon F. Guidouni.[23], les valeurs de référence sont de 1,064 N/kg pour le premier pic, 1,067 N/kg pour le second pic, et 0,774 N/kg pour le minimum intermédiaire. Ces valeurs traduisent une répartition équilibrée de la charge et une marche fluide, sans altération biomécanique.

Contrairement à la majorité des études rapportant une diminution de la force de réaction verticale chez les patients atteints de gonarthrose, notamment celles de Kotti et al.[55] et Gok et al.[34], nos résultats montrent des valeurs légèrement supérieures à celles des sujets sains.(Tableau XVII)

Tableau XVII : Comparaison de la réaction de la plateforme de force

	Notre étude	Kotti et al.[55]	Gok et al.[34]
Premier pic	1.18±0.19	1.09	0.95
Second pic	1.23±0.18	1.11	0.98
Minimum entre premier pic et second pic	1.06±0.18	1.00	0.90

Cette divergence pourrait s'expliquer par le stade modéré à sévère de la pathologie (Kellgren-Lawrence 2-3) chez nos participants, associé à une préservation partielle de la

fonction musculaire. Dans ce contexte, les patients peuvent adopter une stratégie de stabilisation du genou reposant sur une co-contraction accrue des muscles périarticulaires, en particulier du quadriceps et des ischio-jambiers, visant à sécuriser une articulation instable et à réduire les micromouvements douloureux.

Ce mécanisme de compensation tend à rigidifier le membre inférieur, réduisant la capacité d'amortissement naturelle et entraînant une élévation du premier pic de force verticale. Par ailleurs, une poussée propulsive plus marquée est observée en phase terminale, témoignant d'un effort musculaire accru pour maintenir la progression du corps malgré la douleur et la raideur articulaire.

Cette réorganisation neuromusculaire défensive, décrite par Favre & Jolles[35], Heiden et al.[40] et Ro et al.[43], constitue une stratégie adaptative efficace à court terme pour stabiliser le genou, mais elle s'accompagne d'une surcharge mécanique accrue sur les surfaces articulaires, susceptible d'accélérer la dégradation cartilagineuse à long terme.

Ces résultats suggèrent que, malgré la présence d'une gonarthrose symptomatique, nos patients conservent une capacité fonctionnelle suffisante leur permettant de mobiliser une force verticale accrue lors des phases clés du cycle de marche. Cette préservation partielle de la performance musculaire pourrait refléter une compensation active visant à maintenir la stabilité et l'efficacité du déplacement, en dépit de la douleur et des altérations articulaires.

Par ailleurs, ces observations mettent en évidence la variabilité des stratégies locomotrices adoptées par les patients gonarthrosiques, lesquelles dépendent étroitement du stade radiologique de la maladie, de l'intensité de la douleur, ainsi que des capacités musculaires résiduelles.

VI. Perspectives :

Nous supposons que l'AQM, et en particulier l'étude cinématique et cinétique du genou, devrait être intégrée de manière systématique dans le protocole clinique d'évaluation et de suivi des patients atteints de gonarthrose. En effet, cette approche constitue un outil essentiel pour apprécier objectivement la fonction articulaire et les adaptations locomotrices globales, souvent invisibles lors des évaluations cliniques classiques, qui restent subjectives et limitées à une observation ponctuelle

l'AQM permet une analyse dynamique et précise du mouvement, révélant des altérations parfois imperceptibles à l'examen clinique ou radiographique. Son intégration dans la pratique clinique permettrait non seulement de mieux comprendre les mécanismes biomécaniques sous-jacents à la maladie, mais aussi d'optimiser les stratégies thérapeutiques, qu'il s'agisse de la rééducation, du choix d'une orthèse, ou de l'indication chirurgicale.

Enfin, l'utilisation systématique de l'AQM offrirait une base objective pour le suivi longitudinal de la progression de la gonarthrose et de l'efficacité des interventions, ouvrant ainsi la voie à une prise en charge plus personnalisée, prédictive et efficace.

VII. Limites de notre étude :

Notre étude présente plusieurs limites qu'il convient de souligner ;

- La taille de l'échantillon, limitée à 30 patients, restreint la puissance statistique et la généralisation des résultats.
- Dans notre étude, nous n'avons pas distingué les effets selon les stades radiologiques, les patients présentant des atteintes allant de légères à sévères. Bien que certaines publications suggèrent que le stade radiologique influence les altérations biomécaniques, nous n'avons pas pu analyser cet aspect de manière spécifique.
- L'absence de groupe contrôle sain empêche de comparer les paramètres de marche observés avec ceux de sujets non atteints, ce qui aurait renforcé l'interprétation clinique des résultats.

- Par ailleurs, bien que certains articles aient étudié la corrélation entre l'AQM et le score WOMAC, aucune référence disponible ne permet de relier nos mesures objectives aux autres scores fonctionnels classiques tels que AMIQUAL ou l'indice de Lequesne, limitant ainsi la comparaison avec la littérature existante.
- Nos résultats mettent en évidence des modifications des paramètres spatio-temporels et sagittaux, mais nous ne nous sommes pas intéressés au plan frontal, ce qui aurait permis de détecter d'éventuelles défaillances résiduelles médio-latérales.
- Des limites méthodologiques liées à l'AQM sont également présentes : les mesures dépendent de l'équipement et de la calibration, la marche évaluée en laboratoire peut ne pas refléter parfaitement la marche quotidienne, et certains paramètres comme la douleur instantanée, la force musculaire, l'alignement postural global ou la rotation n'ont pas été étudiés.
- Ces éléments soulignent la nécessité d'études complémentaires, prospectives et de plus grande envergure, afin de confirmer et d'étendre nos observations.



Conclusion



La marche est un phénomène complexe, fondamental à l'autonomie et à la qualité de vie, peut être altérée par de nombreuses pathologies, parmi lesquelles la gonarthrose occupe une place majeure.

Affection dégénérative chronique du genou, la gonarthrose provoque une douleur, raideur et limitation fonctionnelle, entraînant des modifications du schéma de marche souvent difficiles à apprécier cliniquement. Les scores subjectifs, tels que le WOMAC ou le score de Lequesne, permettent d'évaluer le retentissement de la maladie sur la douleur et la fonction, mais demeurent tributaires de la perception du patient. Dans ce contexte, l'AQM constitue un outil objectif et complémentaire, offrant une mesure précise des altérations biomécaniques.

Le laboratoire d'analyse de la marche et du mouvement du CHU de Marrakech, structure scientifique récente et hautement équipée, répond à ce besoin en permettant une évaluation instrumentale fine et fiable des paramètres locomoteurs.

Notre étude a mis en évidence des perturbations caractéristiques de la marche chez les patients atteints de gonarthrose, confirmant la valeur ajoutée de l'association entre évaluation subjective et objective pour une compréhension globale des limitations fonctionnelles.

Ainsi, l'AQM se révèle être un instrument d'évaluation incontournable, contribuant à une approche plus complète et personnalisée de la prise en charge des patients atteints de gonarthrose, permettant d'objectiver les déficits fonctionnels et d'orienter les stratégies thérapeutiques et rééducatives de manière plus ciblée.



Résumés



RÉSUMÉ :

- **INTRODUCTION :** L'analyse quantifiée de la marche est un outil essentiel pour obtenir une compréhension approfondie de la fonction articulaire du genou. Elle permet de détecter les déficits fonctionnels liés à la gonarthrose et d'évaluer leur impact sur la marche, offrant ainsi des informations précises pour compléter les scores subjectifs et guider la rééducation.
- **OBJECTIF :** Le but de notre étude est de démontrer l'intérêt de l'AQM chez les patients atteints de gonarthrose, en mettant en évidence sa capacité à fournir des mesures objectives et fiables des altérations fonctionnelles, complémentaires aux scores cliniques subjectifs, afin d'optimiser la prise en charge.
- **MATERIELS ET METHODES :** Pour ce faire, nous avons mené une étude cohorte observationnelle prospective sur une série de 30 patients. Cette étude a été réalisée en collaboration entre le service de rhumatologie du CHU Mohamed VI de Marrakech, le service de médecine physique et de réadaptation fonctionnelle, ainsi que le laboratoire d'analyse de la marche et du mouvement du centre de recherche clinique. Elle s'est déroulée sur une période de 3 mois.
- **Résultats :**
 - ✓ L'âge moyen de nos patients était de 59,8ans avec une taille moyenne à 160,5 cm et un IMC à 31,66 ; une prédominance féminine de 90% a été constatée.
 - ✓ L'étiologie la plus retrouvée était la gonarthrose primitive/idiopathique dans 94% des cas. Le côté droit était le plus atteint dans 100% des cas.
 - ✓ Dans notre étude, le signe clinique majeur observé chez les patients était la douleur, avec un score moyen EVA de 7.2/10.
 - ✓ Les stades radiologiques prédominants selon la classification de K-L étaient le stade 2 (40 %) et le stade 3 (48 %).
 - ✓ L'évaluation fonctionnelle subjective a montré que la majorité des patients présentaient une atteinte modérée à sévère : 40 % et 37 % de l'effectif

respectivement selon l'indice fonctionnel de Lequesne, tandis que le score moyen de WOMAC–douleur était de 56.5.

- ✓ Les données issues de l'analyse quantifiée de la marche révèlent une vitesse et un temps de cycle réduits, avec une cadence régulière et une symétrie entre les membres, avec une réduction de l'amplitude de flexion des genoux, traduisant une limitation fonctionnelle significative. L'analyse de la force verticale exercée au sol montre que les patients adaptent leur appui pendant la marche, mettant en place des stratégies compensatoires pour limiter la douleur et préserver la fonction du genou.
- **CONCLUSION** : Cette étude montre que l'AQM constitue un outil objectif et complémentaire aux scores cliniques, permettant de détecter les déficits fonctionnels et d'orienter la PEC des patients atteints de gonarthrose.

SUMMARY:

- **INTRODUCTION :** Quantitative gait analysis (QGA) is an essential tool for gaining a comprehensive understanding of knee joint function. It allows the detection of functional deficits related to knee osteoarthritis and assesses their impact on gait, providing precise information to complement subjective scores and guide rehabilitation.
- **OBJECTIVE :** The aim of our study was to demonstrate the value of QGA in patients with knee osteoarthritis by highlighting its ability to provide objective and reliable measurements of functional alterations, complementary to clinical scores, in order to optimize patient management.
- **MATERIALS AND METHODS :** To achieve this, we conducted a prospective observational cohort study including 30 patients. This study was carried out in collaboration between the Rheumatology Department of CHU Mohamed VI in Marrakech, the Physical Medicine and Rehabilitation Department, and the Gait and Motion Analysis Laboratory of the Clinical Research Center. The study spanned a period of 3 months.
- **RESULTS :**
 - ✓ The mean age of our patients was 59.8 years, with a mean height of 160.5 cm and a mean BMI of 31.66, with a predominance of females (90%).
 - ✓ The most frequent etiology was primary/idiopathic knee osteoarthritis (94%). The right knee was affected in 100% of cases.
 - ✓ The main clinical sign observed was pain, with a mean VAS score of 7.2/10.
 - ✓ The predominant radiological stages according to the Kellgren–Lawrence classification were stage 2 (40%) and stage 3 (48%).

- ✓ Subjective functional assessment showed that most patients had moderate to severe impairment: 40% and 37% of the cohort, respectively, according to the Lequesne functional index, while the mean WOMAC pain score was 56.5.
 - ✓ QGA revealed reduced walking speed and cycle time, with regular cadence and symmetry between limbs, as well as decreased knee flexion amplitude, indicating significant functional limitation. Analysis of vertical ground reaction forces showed that patients adapted their weight-bearing during gait, employing compensatory strategies to reduce pain and preserve knee function.
- **CONCLUSION** : This study demonstrates that QGA is an objective and complementary tool to clinical scores, allowing the detection of functional deficits and guiding the management of patients with knee osteoarthritis.

الملخص

- **المقدمة:** يُعدّ التحليل الكمي للمشي أداةً أساسيةً لفهم وظيفة مفصل الركبة فهماً شاملاً. فهو يُمكن من اكتشاف العيوب الوظيفية المرتبطة بالتهاب مفاصل الركبة، وتقييم تأثيرها على المشي، مما يُوفّر معلوماتٍ دقيقةً تُكَمّل النتائج الذاتية وتُرشد عملية إعادة التأهيل.
- **الهدف:** تهدف دراستنا إلى توضيح أهمية التحليل الكمي للمشي لدى المرضى المصابين بالفصال العظمي للركبة، من خلال إبراز قدرته على تقديم قياسات موضوعية وموثوقة للتغيرات الوظيفية، مكملة للدرجات السريرية الذاتية، بهدف تحسين إدارة المرضى.
- **المواد والطرق:** أجرينا دراسة مستقبلية رصدية على سلسلة مكونة من 30 مريضاً. وقد تم تنفيذ هذه الدراسة بالتعاون بين قسم الروماتيزم بمستشفى محمد السادس الجامعي بمراكش، وقسم الطب الفيزيائي وإعادة التأهيل الوظيفي، بالإضافة إلى مختبر تحليل المشي والحركة بالمركز البحثي السريري. واستمرت الدراسة لمدة 3 أشهر
- **النتائج.:**
 - كان متوسط عمر المرضى 59.8 سنة، ومتوسط الطول 160.5 سم، ومتوسط مؤشر كتلة الجسم 31.66، مع أغلبية من الإناث بنسبة 90%.
 - كان السبب الأكثر شيوعاً هو الفصال العظمي الأولي/المجهول السبب بنسبة 94%، وكان الجانب الأيمن هو الأكثر تأثراً في 100% من الحالات.
 - كان العلامة السريرية الرئيسية لدى المرضى هي الألم، مع متوسط درجة الألم وفق مقياس EVA قدره 10/7.2.
 - المراحل الشعاعية الأكثر شيوعاً وفق تصنيف Kellgren-Lawrence كانت المرحلة 2 (40%) والمرحلة 3 (48%).
 - أظهرت التقييمات الوظيفية الذاتية أن غالبية المرضى لديهم اعتلال متوسط إلى شديد: 40% و37% من المرضى وفق مؤشر Lequesne الوظيفي، بينما كان متوسط درجة الألم في مقياس WOMAC هو 56.5.
 - كشفت بيانات التحليل الكمي للمشي عن انخفاض في سرعة المشي ومدة دورة المشي، مع انتظام الإيقاع وتناسق بين الطرفين، وانخفاض في مدى ثني الركبة، مما يعكس تقييداً وظيفياً ملحوظاً. كما أظهرت دراسة القوة العمودية على الأرض أن المرضى يكيفون وزنهم أثناء المشي، مع اعتماد استراتيجيات تعويضية لتقليل الألم والحفاظ على وظيفة الركبة.

- الخلاصة: تُظهر هذه الدراسة أن التحليل الكمي للمشي يُعد أداة موضوعية ومكملة للدرجات السريرية، تتيح الكشف عن العجز الوظيفي وتوجيه إدارة المرضى المصابين بالفصال العظمي للركبة.



Annexes



Annexe 1 :

Fiche d'exploitation : Etude de la marche chez les patients suivis pour gonarthrose

- Numéro de téléphone :
- 1. Données épidémiologiques :**
- Sexe :
 - Femme
 - Homme
- Age :
- Profession :
- Activité physique : Oui Non
- 2. Mesures anthropométriques :**
- Poids : - Taille : - Tour de taille :
- IMC :
- Pointure :
- Distance entre les 2 épines iliaques Antéro- supérieur en cm :
- Distance entre EIAS et la MI en cm :
- 3. Comorbidités et antécédents :**
 - Diabète : Oui Non Méconnue
 - HTA : Oui Non Méconnue
 - Dyslipidémie : Oui Non Méconnue
 - Cardiopathies : Oui Non
 - Si oui type :
 - AOMI : Oui Non
 - Dysthyroïdie : Oui Non
 - Maladie rénale chronique : Oui Non
 - Néoplasie : Oui Non
 - Rhumatisme microcristallin : Oui Non
 - Rhumatisme inflammatoire : Oui Non
 - Ostéoporose : Oui Non
 - Maladie neurologique : Oui Non
 - Antécédent de chirurgie : Oui Non
 - Si oui préciser le type :
 - Antécédent de traumatisme : Oui Non

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

- Autre localisation personnelle d'arthrose Oui Non
 - Si oui préciser le site :
- Prise médicamenteuse au long cours : oui non
 - Si oui préciser le type
- Autres :

4. Caractères de la gonarthrose :

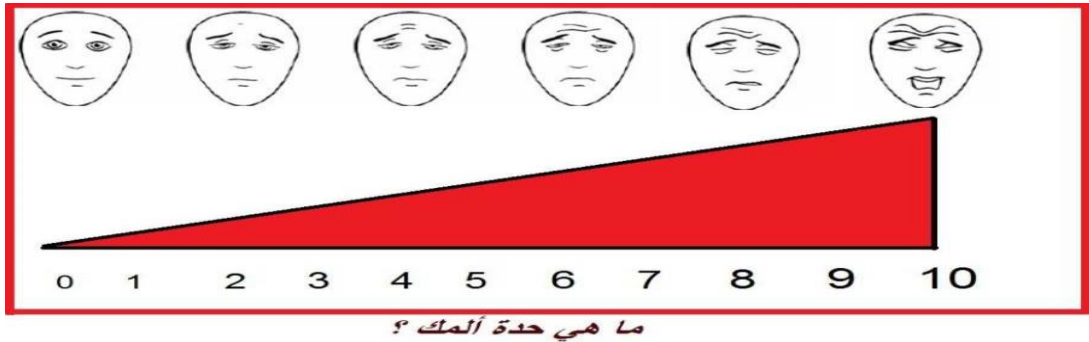
- Age du début :
- Mode du début :
- Durée d'évolution de la maladie :

Annexe 2 :

- Bilan articulaire :

1. EVAd : Au repos :

Au mouvement :



2. Vices architecturaux du membre inférieur :

- Déviations axiales : Oui Non Si oui Type
- Anomalies du pied : Oui Non Si oui type
- Périmètre quadricipital :

- Stade radiologique de Kellgren et Lawrence :

- Stade 0 : Radio normale : **pas d'arthrose**
- Stade 1 : ostéophytes de signification douteuse : **arthrose douteuse**
- Stade 2 : Ostéophyte net sans modification de l'interligne articulaire : **arthrose modérée**
- Stade 3 : Ostéophyte net et diminution de l'interligne articulaire : **arthrose importante**
- Stade 4 : Pincement sévère de l'interligne articulaire et sclérose de l'os sous- chondral : **arthrose très évoluée**

Annexe 3 :

5. Score de Womac Douleur :

QUESTIONS :		
1. Douleur en utilisant les escaliers ?		
Pas du tout ou très peu <input type="checkbox"/>	Un peu de douleur <input type="checkbox"/>	Très douloureux <input type="checkbox"/>
2. Douleur en marchant sur terrain plat ?		
Pas du tout ou très peu <input type="checkbox"/>	Un peu de douleur <input type="checkbox"/>	Très douloureux <input type="checkbox"/>
3. Douleur en restant debout immobile ?		
Pas du tout ou très peu <input type="checkbox"/>	Un peu de douleur <input type="checkbox"/>	Très douloureux <input type="checkbox"/>
4. Douleur assis ou même en position couchée ?		
Pas du tout ou très peu <input type="checkbox"/>	Un peu de douleur <input type="checkbox"/>	Très douloureux <input type="checkbox"/>
5. Douleur la nuit au moment de dormir ?		
Pas du tout ou très peu <input type="checkbox"/>	Un peu de douleur <input type="checkbox"/>	Très douloureux <input type="checkbox"/>

Il comprend 5 questions sur la douleur lors d'activités quotidiennes (marche, montée/descente d'escaliers, nuit, assis/levé, activité quotidienne).

Chaque question est notée de 0 à 4 (0 = pas de douleur, 4 = douleur extrême).

Score maximal possible pour la douleur : 20.

ou standardiser le score sur 100 :

WOMAC douleur (0-100)=Score obtenu/ 20×100

0-20 /100 : douleur légère ou négligeable

21-40 /100 : douleur modérée

41-60 /100 : douleur importante, impact notable sur les activités quotidiennes

61-80 /100 : douleur sévère, limitation fonctionnelle majeure

81-100 /100 : douleur extrême, incapacité fonctionnelle sévère

6. Indice algofonctionnel de Lequesne

Indice algofonctionnel de Lequesne pour la gonarthrose (IAFLG) : version finale
 مؤشر لوظيفي لتهديم الألم و العجز الوظيفي الناتجين عن حوضنة الركبة ، البسطة الينماية
 (نسخة بالدارجة المغربية)

Version originale de l'IAFLG	Version marocaine de l'IAFLG
<p>I- Douleur ou gêne</p> <p>A. La nuit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Non - Aux mouvements ou selon la posture - Même immobile <p>B. Dérouillage matinal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moins de 1 minute - Pendant 1 à 15 minutes - Plus de 15 minutes <p>C. A la station debout ou au piétinement pendant une demi-heure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Non - Oui <p>D. A la marche</p> <ul style="list-style-type: none"> - Non - Seulement après une certaine distance - Très rapidement et de façon croissante <p>E. En surélevant d'un siège sans l'aide des bras</p> <ul style="list-style-type: none"> - Non - Oui 	<p>I. واهن عندك صداغ (خريف) أو لا خيف : 0. في الليل : - لا - عند الحركة أو على حساب الوضع - واهن متخرف كثن 0. ب. واهن عندك لشكريف (شكالك) في الصباغ : - أقل من دقيقة - ما بين دقيقة و 15 دقيقة - أكثر من 15 دقيقة 0. ج. ملى كتكون واقف أو كتمش بشوية مدة نص ساعة : - لا - إي 0. د. ملى كتمش : - لا - غير من بعد واحد المسافة - صغيا كاتبان أو عادي أو كاتتزا 0. ه. ملى كتلوح من لكلاس بلا متعاون بيدك : - لا - إي</p>
<p>II- Le périmètre de marche maximal (y compris en consentant à souffrir)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aucune limitation - Limité, mais supérieur à 1km - Environ 1km (environ 15 minutes) - 500 à 900 m (environ 8 à 15 minutes) - 300 à 500m - 100 à 300m - Moins de 100m - Avec une canne (ou une canne-béquille) - Avec deux cannes (ou cannes-béquilles) 	<p>II. شحال هي المسافة الكبيرة إلتكن ليك تمشي (واخ كتمش بالصناغ (بالخريف)): - بلا حد - مخدودة و لكن أكثر من 1 كلم - تقريبا 1 كلم (تقريبا 15 دقيقة) - 500 م حتى 900 م (تقريبا 8 حتى 15 دقيقة) - 300 م حتى 500 م - 100 م حتى 300 م - أقل من 100 م - بتكاز واحد - بجوج عكاز</p>
<p>III- Difficultés de la vie quotidienne</p> <p>A. Pour monter un étage</p> <p>B. Pour descendre un étage</p> <p>C. Pour s'accroupir complètement</p> <p>D. Pour marcher en terrain irrégulier</p> <p>0 : indolore, 0,5 : gênant, 1 : douloureux, 1,5 : très douloureux, 2 : impossible</p>	<p>III. واهن كتلق صعوبات في الحياة اليومية: - باسن تطلع طيفة وخذة (طاج) - باسن تنزل طيفة وخذة (طاج) - باسن فقرة مزبان - باسن تمشي في طوبن محفورة (مشكادان) 0: تلا صداغ, 0,5: مضايق, 1: صداغ, 1,5: صداغ تزاغ, 2: ما تمكش.</p>

Résultats :

- 0 à 4 points : handicap **minime**
- 5 à 7 points : handicap **moyen**
- 8 à 10 points : handicap **important**
- 11 à 13 points : handicap **très sévère**
- 14 points et plus : handicap **extrême, insupportable**

L'indication chirurgicale est portée à partir de 10 points environ

7. AMIQUAL : arthrose des membres inférieures et qualité de vie :

Lisez ces phrases une par une avec attention en pensant à votre qualité de vie
AU COURS DES 4 DERNIERES SEMAINES.
 Cochez la case qui correspond le mieux à ce que vous vivez avec votre arthrose :

	Pas du tout											Enormément											
1. J'ai des difficultés à marcher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. J'ai des difficultés à me baisser ou me relever	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. J'ai des difficultés à porter des choses lourdes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. J'ai des difficultés à descendre les escaliers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. J'ai des difficultés à monter les escaliers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6. J'ai des difficultés à prendre un bain	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7. J'ai des difficultés à m'habiller (chaussettes, chaussures, collant, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8. J'ai des difficultés à me couper les ongles des pieds	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9. J'ai du mal à me remettre en route après être resté(e) longtemps dans la même position	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10. J'ai des difficultés à monter ou descendre d'une voiture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11. J'ai des difficultés à prendre les transports en commun (bus, train, métro, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Non concerné(e)	<input type="checkbox"/>																						
12. Je suis gêné(e) dans mon activité professionnelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ne travaille pas	<input type="checkbox"/>																						
13. Je suis obligé(e) de me ménager	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14. Je mets plus de temps pour faire les choses	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15. J'ai mauvais moral à cause de la douleur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16. J'ai peur de dépendre des autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

Lisez ces phrases une par une avec attention en pensant à votre qualité de vie
AU COURS DES 4 DERNIERES SEMAINES.
 Cochez la case qui correspond le mieux à ce que vous vivez avec votre arthrose :

	Pas du tout										Enormément										
17. J'ai peur d'être handicapé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18. Je suis gêné(e) par le regard des autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19. Je suis anxieux(se)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20. Je suis déprimé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21. Je suis gêné(e) dans ma vie de famille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22. Je suis gêné(e) dans ma vie de couple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Non concerné(e)	<input type="checkbox"/>																				
23. Je suis limité(e) dans mes relations sexuelles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pas de relation sexuelle au cours des 4 dernières semaines	<input type="checkbox"/>																				

	Jamais										En permanence										
24. J'ai des difficultés à rester longtemps dans la même position (assis(e), debout, immobile,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25. J'ai besoin d'une canne (ou de béquilles) pour marcher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26. J'ai des douleurs (fréquence)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

	Pas du tout										Insupportables										
27. J'ai des douleurs (intensité)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

	Pas du tout										Tout à fait										
28. J'ai besoin d'aide (ménage, courses, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29. J'ai l'impression de vieillir avant l'âge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Intérêt de l'analyse quantifiée de la marche chez les patients atteints de gonarthrose

Lisez ces phrases une par une avec attention en pensant à votre qualité de vie
AU COURS DES 4 DERNIERES SEMAINES.
 Cochez la case qui correspond le mieux à ce que vous vivez avec votre arthrose :

	Pas du tout										Tout à fait										
30. Je suis capable de faire des projets à long terme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
31. Je sors de chez moi autant que je le souhaite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
32. Je reçois chez moi autant que je le souhaite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Jamais										Tout le temps										
33. J'ai du mal à m'endormir ou me rendormir à cause de mes douleurs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
34. Je me réveille à cause de mes douleurs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
35. Je me demande ce que je vais devenir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
36. Je suis irritable, agressif (ve)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
37. J'ai l'impression que j'agace mes proches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Pas du tout										Enormément										
38. J'ai peur des effets secondaires de mon traitement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
39. Je peux parler aux autres de mes difficultés liées à l'arthrose autant que je le souhaite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
40. Je pense que les autres comprennent mes difficultés liées à l'arthrose	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
41. Je suis gêné(e) de demander de l'aide si j'en ai besoin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
42. Je me sens soutenu(e) par mes proches (conjoint(e), famille, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
43. Je me sens soutenu(e) par mon entourage (amis, voisins, collègues, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Calcul des scores de chacun des dimensions et items du questionnaire AMIQUAL

Dimensions	Items	Etendue score brut	Normalisation
'Activités physiques'	Q1 à Q11, Q13, Q14, Q24, Q25, Q28	0-10	100-(Score X 10)
'Douleur'	Q26, Q27, Q33, Q34	0-10	100-(Score X 10)
'Santé Mentale'	Q15 à Q21, Q29, Q35, Q36, Q37, Q38, Q41	0-10	100-(Score X 10)
'Soutien Social'	Q39, Q40, Q42, Q43	0-10	Score X 10
'Activités Sociales'	Q30, Q31, Q32	0-10	Score X 10
Items indépendants	Q12, Q22, Q23	0-10	

Annexe 4 :

Fiche d'analyse quantifiée de la marche :

- **Paramètres spatio-temporels :**

	Valeur	DS
Nombre de cycles analyses		
Vitesse (m/s)		
Cadence (pas/s)		
Largeur de l'enjambée (m)		
Longueur de l'enjambée (m)		
Nombre de pas gauche / seconde (pas/s)		
Nombre de pas droit / seconde (pas/s)		
Longueur du pas gauche (m)		
Longueur du pas droit (m)		
Temps d'appui gauche (s)		
Temps d'appui droit (s)		
Pourcentage de la phase d'appui (%)		
Temps du pas gauche (s)		
Temps du pas droit (s)		
Temps du cycle (s)		
Temps du cycle gauche (s)		
Temps du cycle droit (s)		
Temps d'oscillation gauche (s)		
Temps d'oscillation droit (s)		
Pourcentage de la phase d'oscillation (%)		

- **Paramètres cinématiques :**

« Angle moyen des genoux droit et gauche en fonction des trois plans »

X (sagittal) : flexions / extensions				
	Gauche	DS	Droit	DS
Genou MIN				
Genou MAX				
Amplitude				

- Paramètres cinétiques :

« Réaction de la plateforme de force GRF du pied droit »

	Gauche (N/kg)		Droit (N/KG)	
Premier pic				
Second pic				
Minimum entre premier pic et second pic				



Bibliographies



1. **D. T. Felson,**
Osteoarthritis as a disease of mechanics.
Osteoarthritis Cartilage, 2013;21(1):10-15. doi: 10.1016/j.joca.2012.09.012.
2. **A. Cui, H. Li, D. Wang, J. Zhong, Y. Chen, et H. Lu,**
Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis in population-based studies.
EClinicalMedicine, 2020;29-30:100587. doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100587.
3. **Association gériatrie et rhumatologie (AGRHUM) et al.,**
Le fardeau de l'arthrose, *Cah. Année Gériatologique*, 2015;7(2):45-51. doi: 10.1007/s12612-015-0448-4.
4. **A. Shamekh et al.,**
The Burden of Osteoarthritis in the Middle East and North Africa Region From 1990 to 2019.
Front. Med. 2022; 9:881391. doi: 10.3389/fmed.2022.881391.
5. **P. Ornetti, J.-F. Maillefert, D. Laroche, C. Morisset, M. Dougados, et L. Gossec,**
Gait analysis as a quantifiable outcome measure in hip or knee osteoarthritis: A systematic review.
Joint Bone Spine. 2010;77(5):421-425. doi: 10.1016/j.jbspin.2009.12.009.
6. **Favre et B. M. Jolles,**
Gait analysis of patients with knee osteoarthritis highlights a pathological mechanical pathway and provides a basis for therapeutic interventions.
EFORT Open Rev. 2016;1(10):368-374. doi: 10.1302/2058-5241.1.000051.
7. **R. J. Boekesteijn, J. Van Gerven, A. C. H. Geurts, et K. Smulders,**
Objective gait assessment in individuals with knee osteoarthritis using inertial sensors: A systematic review and meta-analysis.
Gait Posture. 2022;98:109-120. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.09.002.
8. **P. A. DeLuca, R. B. Davis, S. Ounpuu, S. Rose, et R. Sirkin,**
Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis.
J. Pediatr. Orthop. 1997;17(5):608-614. doi: 10.1097/00004694-199709000-00007.
9. **A. Leardini, Z. Sawacha, G. Paolini, S. Ingrassio, R. Natio, et M. G. Benedetti,**
A new anatomically based protocol for gait analysis in children
Gait Posture. 2007;26(4):560-571. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.12.018.
10. **A. Leardini, M. G. Benedetti, L. Berti, D. Bettinelli, R. Natio, et S. Giannini,**
Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait
Gait Posture. 2007;25(3):453-462. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.05.017.
11. **Gasq, David; Molinier, François; Lafosse, Jean-Michel,**
Physiologie, méthodes d'explorations et troubles de la marche
2009.

12. **M. Whittle,**
An introduction to gait analysis,
4th éd. 2006.
13. **Jacquelin Perry & Judith Burnfield,**
Gait Analysis: Normal and Pathological Function,
2nd éd. in Clinical Orthopedics. CRC press, 2010.
14. **[C. Capaday,**
The special nature of human walking and its neural control
*Trends Neurosci.*2002;25(7):370-376. doi: 10.1016/S0166-2236(02)02173-2.
15. **C. L. Vaughan,**
GaitCD.
Western Cape:Kiboho Publishers;1999.
16. **É. Viel,**
La marche humaine : la course et le saut biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnement.
Le point en rééducation et en APS;(9). Paris: Masson, 2000.
17. **S. Armand, A. Bonnefoy-Mazure, G. De Coulon, et P. Hoffmeyer,**
Analyse quantifiée de la marche : mode d'emploi
*Rev. Médicale Suisse.*2015;11(490):1916-1920. doi: 10.53738/REVMED.2015.11.490.1916.
18. **Fusco, N.,**
Analyse, Modélisation et simulation de la marche pathologique
Thèse de doctorat, Université Rennes 2, 2008.
19. **S. Armand,**
Analyse Quantifiée de la Marche : extraction de connaissances à partir de données pour l'aide à l'interprétation clinique de la marche digitigrade
Thèse de doctorat en sciences et techniques des activités physiques et sportives.
Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 2005.
20. **R. Baker,**
Measuring walking: a handbook of clinical gait analysis.
Mac Keith Press, 2013.
21. **Benz, H,**
L'intérêt de l'analyse quantifiée de la marche (AQM) dans le choix thérapeutique d'une jeune patiente paraplégique incomplète, à la suite d'une tumeur intramédullaire traitée chirurgicalement
TFE, Région des Pays de la Loire, 2016.
22. **S. Lobet, C. Hermans, et C. Detrembleur,**
L'analyse quantifiée de la marche: principes et applications cliniques.
23. **Fatima GUIDOUNI,**
Intérêt du laboratoire d'analyse de la marche et du mouvement en pathologie de l'appareil locomoteur : Etude bibliographique à travers des cas cliniques
Thèse de doctorat, FMPM, 2020.

24. **A. Fryzowicz, M. Murawa, J. Kabaciński, A. Rzepnicka, et L. B. Dworak,**
Reference values of spatiotemporal parameters, joints angles, ground reaction forces, and plantar pressure distribution during normal gait in young women.
*Acta Bioeng. Biomech.*2018;012018 ISSN 1509-409X.doi: 10.5277/ABB-00986-2017-02.
25. **H. Hacques,**
Evaluation de la marche et paralysie cérébrale Enquête sur la pratique des professionnels.
26. **F. Legrain,**
Analyse des paramètres spatio-temporels de la marche.
Thèse de Doctorat en médecine, faculté de médecine HENRI WAREMBOURG,2012.
27. **Pauline Scribe,**
Métrologie des méthodes instrumentées d'évaluation de la marche appliquée à la population post-AVC : une revue de la littérature
Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et de la Réadaptation (IFM3R), 2019.
28. **D. J. Hunter et D. T. Felson,**
Osteoarthritis
*BMJ.*2006 ;332(7542):639-642. doi: 10.1136/bmj.332.7542.639.
29. **L. Laadhar, M. Zitouni, M. Kalle-Sellami, M. Mahjoub, S. Sellami, et S. Makni,**
Physiopathologie de l'arthrose. Du cartilage normal au cartilage arthrosique: facteurs de prédisposition et mécanismes inflammatoires
*Rev. Médecine Interne.*2007 ;8 :531-536. doi: 10.1016/j.revmed.2007.01.012.
30. [30] **K. P. Jordan et al.,**
International comparisons of the consultation prevalence of musculoskeletal conditions using population-based healthcare data from England and Sweden
Ann. Rheum. Dis. 2014;73(1):212-218. doi: 10.1136/annrheumdis-2012-202634.
31. **R. Plotnikoff et al.,**
Osteoarthritis prevalence and modifiable factors: a population study
*BMC Public Health.*2015;15(1):1195. doi: 10.1186/s12889-015-2529-0.
32. **J. Woo et al.,**
Impact of osteoarthritis on quality of life in a Hong Kong Chinese population
*J. Rheumatol.*2004;31(12):2433-2438.
33. **A. Yahia et al.,**
Analyse des paramètres temporo-spatiaux de la marche chez le gonarthrosique
*J. Réadapt. Médicale Prat. Form. En Médecine Phys. Réadapt.*2007 ;27(59-63)
doi: 10.1016/S0242-648X(07)78379-2.
34. **H. Gok, S. Ergin, et G. Yavuzer,**
Kinetic and kinematic characteristics of gait in patients with medial knee arthrosis.
35. **J. Favre et B. M. Jolles,**
Gait analysis of patients with knee osteoarthritis highlights a pathological mechanical pathway and provides a basis for therapeutic interventions
*EFORT Open Rev.*2016;1(10):368-374. doi: 10.1302/2058-5241.1.000051.

36. **Y. Sagawa *et al.***,
Associations between gait and clinical parameters in patients with severe knee osteoarthritis: A multiple correspondence analysis
Clin. Biomech. 2013;28(3):299-305. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.01.008.
37. **X. Zeng *et al.***,
Relationship between Kellgren–Lawrence score and 3D kinematic gait analysis of patients with medial knee osteoarthritis using a new gait system
Sci. Rep. 2017;7(1):4080. doi: 10.1038/s41598-017-04390-5.
38. **S. Tas**,
Effects of severity of osteoarthritis on the temporospatial gait parameters in patients with knee osteoarthritis
ACTA Orthop. Traumatol. Turc. 2014;48(6):635-641. doi: 10.3944/AOTT.2014.13.0071.
39. **P. Ismailidis *et al.***,
Side to side kinematic gait differences within patients and spatiotemporal and kinematic gait differences between patients with severe knee osteoarthritis and controls measured with inertial sensors
Gait Posture. 2021;84:24-30. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.11.015.
40. **T. L. Heiden, D. G. Lloyd, et T. R. Ackland**,
Knee joint kinematics, kinetics and muscle co-contraction in knee osteoarthritis patient gait
Clin. Biomech., déc. 2009;24(10):833-84. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2009.08.005.
41. **L. D. Duffell, D. F. L. Southgate, V. Gulati, et A. H. McGregor**,
Balance and gait adaptations in patients with early knee osteoarthritis
Gait Posture. avr. 2014;39(4):1057-1061. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.01.005.
42. **K. Szczypiór–Piasecka, P. Adamczewska, Ł. Kołodziej, et P. Ziętek**,
The Temporal–Spatial Parameters of Gait After Total Knee Arthroplasty
J. Clin. Med. juin 2025;14(13):4548. doi: 10.3390/jcm14134548.
43. **D. H. Ro, J. Lee, J. Lee, J.–Y. Park, H.–S. Han, et M. C. Lee**,
Effects of Knee Osteoarthritis on Hip and Ankle Gait Mechanics
Adv. Orthop. mars 2019:1-6. doi: 10.1155/2019/9757369.
44. **J. Sun *et al.***,
Clinical gait evaluation of patients with knee osteoarthritis
Gait Posture. oct 2017; 58:319-324. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.08.009.
45. **L. Zhang *et al.***,
Comparison of knee biomechanical characteristics during gait between patients with knee osteoarthritis and healthy individuals
Heliyon. sept 2024;10(17):36931. doi: 10.1016/j.heliyon. 2024.e36931.
46. **K. S. Al–Zahrani et A. M. O. Bakheit**,
A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of the knee
Disabil. Rehabil. janv. 2002;24(5):275-280. doi: 10.1080/09638280110087098.

47. K. R. Kaufman, C. Hughes, B. F. Morrey, M. Morrey, et K.-N. An,
Gait characteristics of patients with knee osteoarthritis
J. Biomech. juill.2001;34(7):907-915. doi: 10.1016/S0021-9290(01)00036-7.
48. M. B. Nebel *et al.*,
The Relationship of Self-Reported Pain and Functional Impairment to Gait Mechanics in
Overweight and Obese Persons With Knee Osteoarthritis
Arch. Phys. Med. Rehabil. nov.2009;90(11):1874-1879. doi: 10.1016/j.apmr.2009.07.010.
49. Z. A. Marcum, H. L. Zhan, S. Perera, C. G. Moore, G. K. Fitzgerald, et D. K. Weiner,
Correlates of Gait Speed in Advanced Knee Osteoarthritis
Pain Med. août 2014;15(8):1334-1342. doi: 10.1111/pme.12478.
50. L. Hutchison, J. Grayson, C. Hiller, N. D'Souza, S. Kobayashi, et M. Simic,
Relationship Between Knee Biomechanics and Pain in People With Knee Osteoarthritis: A
Systematic Review and META-ANALYSIS
Arthritis Care Res. juin 2023;75(6):1351-1361. doi: 10.1002/acr.25001.
51. H. Li *et al.*,
Gait Analysis of Bilateral Knee Osteoarthritis and Its Correlation with Western Ontario and
McMaster University Osteoarthritis Index Assessment
Med. Kaunas Lith. oct.2022;58(10):1419. doi: 10.3390/medicina58101419.
52. M. A. Hunt *et al.*,
Lateral trunk lean explains variation in dynamic knee joint load in patients with medial
compartment knee osteoarthritis
Osteoarthritis Cartilage. mai 2008;16(5):591-599. doi: 10.1016/j.joca.2007.10.017.
53. J. H. Hollman, E. M. McDade, et R. C. Petersen,
Normative spatiotemporal gait parameters in older adults
Gait Posture. mai 2011;34(1):111-118. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.03.024.
54. I. McCarthy, D. Hodgins, A. Mor, A. Elbaz, et G. Segal,
Analysis of knee flexion characteristics and how they alter with the onset of knee
osteoarthritis: a case control study
BMC Musculoskelet. Disord. mai 2013; 14:169. doi: 10.1186/1471-2474-14-169.
55. M. Kotti, L. D. Duffell, A. A. Faisal, et A. H. McGregor,
The Complexity of Human Walking: A Knee Osteoarthritis Study
PLoS ONE. sept.2014;9(9):107325. doi: 10.1371/journal.pone.0107325.



قسم الطبيب:

أُقْسِمُ بِاللَّهِ الْعَظِيمِ

أَنْ أُرَاقِبَ اللَّهَ فِي مِهْنَتِي.

وَأَنْ أَصُونَ حَيَاةَ الْإِنْسَانِ فِي كَافَّةِ أَطْوَارِهَا فِي كُلِّ الظُّرُوفِ
وَالْأَحْوَالِ بَادِلَةً وَسَعِي فِي إِنْقَاذِهَا مِنَ الْهَلَاكِ وَالْمَرَضِ
وَالْأَلَمِ وَالْقَلْقِ.

وَأَنْ أَحْفَظَ لِلنَّاسِ كِرَامَتَهُمْ، وَأَسْتُرَ عَوْرَتَهُمْ، وَأَكْتُمَ
سِرَّهُمْ.

وَأَنْ أَكُونَ عَلَى الدَّوَامِ مِنْ وَسَائِلِ رَحْمَةِ اللَّهِ، بَادِلَةً رِعَايَتِي الطَّبِيبَةَ لِلْقَرِيبِ وَالْبَعِيدِ، لِلصَّالِحِ
وَالطَّالِحِ، وَالصَّدِيقِ وَالْعَدُوِّ.

وَأَنْ أَثَابِرَ عَلَى طَلَبِ الْعِلْمِ، وَأَسَخِّرَهُ لِنَفْعِ الْإِنْسَانِ لَا لِأَذَاهِ.

وَأَنْ أُوَقِّرَ مَنْ عَلَّمَنِي، وَأُعَلِّمَ مَنْ يَصْغُرُنِي، وَأَكُونَ أَخْتًا لِكُلِّ زَمِيلٍ فِي الْمِهْنَةِ الطَّبِيبَةِ مُتَعَاوِنِينَ
عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَى.

وَأَنْ تَكُونَ حَيَاتِي مِصْدَاقَ إِيمَانِي فِي سِرِّي وَعَلَانِيَتِي، نَقِيَّةً مِمَّا يَشِينُهَا تَجَاهَ
اللَّهِ وَرَسُولِهِ وَالْمُؤْمِنِينَ.

والله على ما أقول شهيد



أهمية التحليل الكمي للمشي لدى مرضى تآكل غضروف مفصل الركبة أطروحة

قدمت ونوقشت علانية 2025/11/26

من طرف

السيدة ريم بونوار

المزداة في 1999/07/19

نيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية:

تآكل غضروف الركبة - تحليل - المشي - الكينماتية - الحركية

اللجنة

الرئيس

ع. عبكري

السيد

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل

إ. البوشي

السيدة

أستاذة في أمراض الروماتيزم

ي. عبد الفتاح

السيد

أستاذ في الترويض الطبي وإعادة التأهيل الوظيفي

م. أ. بنهيمه

السيد

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل

أ. موغي

السيد

أستاذ في أمراض الروماتيزم

المشرفين

الحكام

