

ParcoursSenior

Evaluation de la difficulté à marcher en extérieur en fonction de la pente

Aude CANCADE, Raksmey PHAN, Sylvie ROUSSET, Philippe LACOMME

17/11/2026

CONTEXTE ET OBJECTIFS

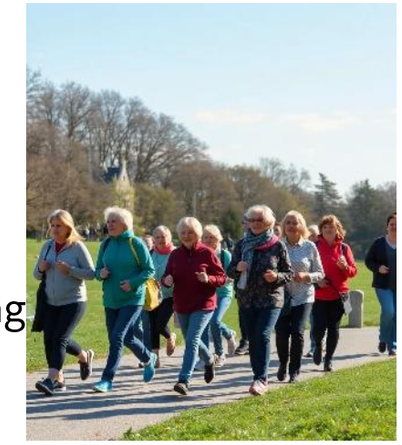
ANR ParcoursSenior

25 %

des personnes âgées sortent régulièrement pour marcher

Les obstacles

- Problèmes de santé
- Peur de tomber
- Perceptions négatives liées à l'âg
- Terrain inadapté







Objectifs

- Développer un outil numérique personnalisé pour encourager la marche
- Recommander des itinéraires sécurisés et diversifiés, adaptés aux capacités physiques

WP2 · Trail analytics

Analyser la capacité à marcher selon le parcours, en combinant données objectives (capteurs, temps, constantes physiologiques) et subjectives (ressenti, observation).

Collecte des données

DONNÉES NÉCESSAIRES

Création d'une base de données regroupant les données physiologiques et les contraintes du terrain



Caractéristiques de la personne

Âge, sexe, taille, poids, niveau d'activité physique

POURQUOI ?

Comparer des sous-groupes et identifier l'impact du profil sur la marche

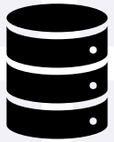
Mesures physiologiques



Accélération, gyroscope, FC

POURQUOI ?

Quantifier la qualité, la stabilité et le coût physiologique de la marche





Caractéristiques du parcours

Pente, distance

POURQUOI ?

Interpréter les variations des signaux selon les contraintes du terrain

Ressenti et observations



Vécu du marcheur et contexte

POURQUOI ?

Croiser la sensation et le contexte avec les mesures objectives

Objectif : Pouvoir classer la difficulté d'un parcours pour une personne à partir de ces données

COMMENT RÉCUPÉRER CES DONNÉES

Protocole de collecte

- Recrutement de 50 volontaires
- Marches accompagnées en conditions réelles, au rythme du volontaire
- 3 parcours prédéfinis de difficulté croissante (facile, moyenne, difficile)
- Ressenti recueilli tout au long du parcours (effort perçu, fatigue)
- Observations de l'accompagnateur : pauses, contexte (météo, état du sol)



Pourquoi ces capteurs ?
Ils ont un faible coût et un déploiement simple à grande échelle en condition réelle. Pas besoin de matériel spécifique ni de conditions expérimentales strictes

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

Test du protocole et du matériel sur des personnes jeunes

11 volontaires

sexe	âge	taille	poids	niveau physique
F	25	164	56	Très actif
F	23	165	50	modérément actif
F	26	153	53	Actif
F	34	156	52	modérément actif
H	40	170	73	Actif
F	40	166	50	Actif
F	35	172	61	Très actif
F	58	169	62	Actif
H	47	180	92	modérément actif
F	64	170	59	Actif
H	56	182	86	modérément actif
	41	168	63	

8 femmes, 3 hommes
Age moyen : 41 ± 13 ans
Taille moyenne : 168 ± 8 cm
Poids moyen : 63 ± 14 kg

Deux conditions de marche



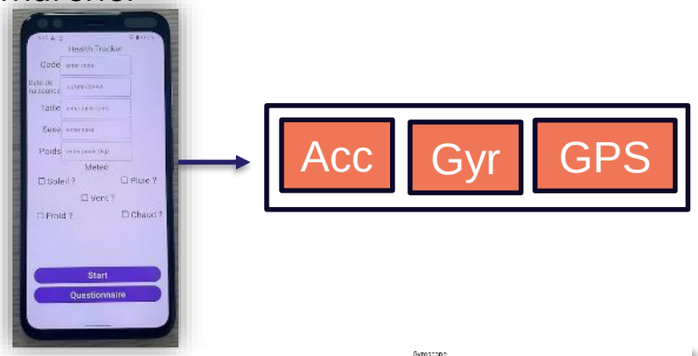
Utilisation d'un simulateur de vieillissement sur ces personnes pour **accroître la difficulté à marcher.**

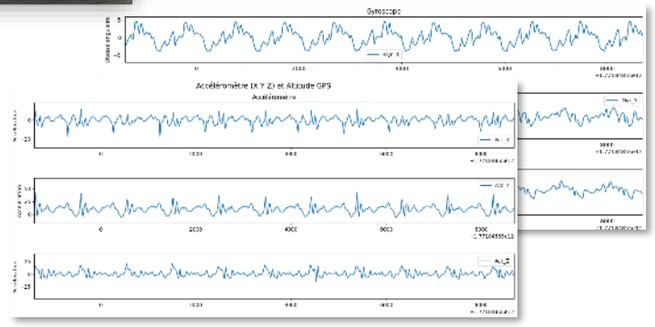


Simulateur de vieillissement GERT

Traitement et analyse

Comprendre les informations extraites du smartphone et sélectionner celles qui sont pertinentes pour évaluer la difficulté à marcher





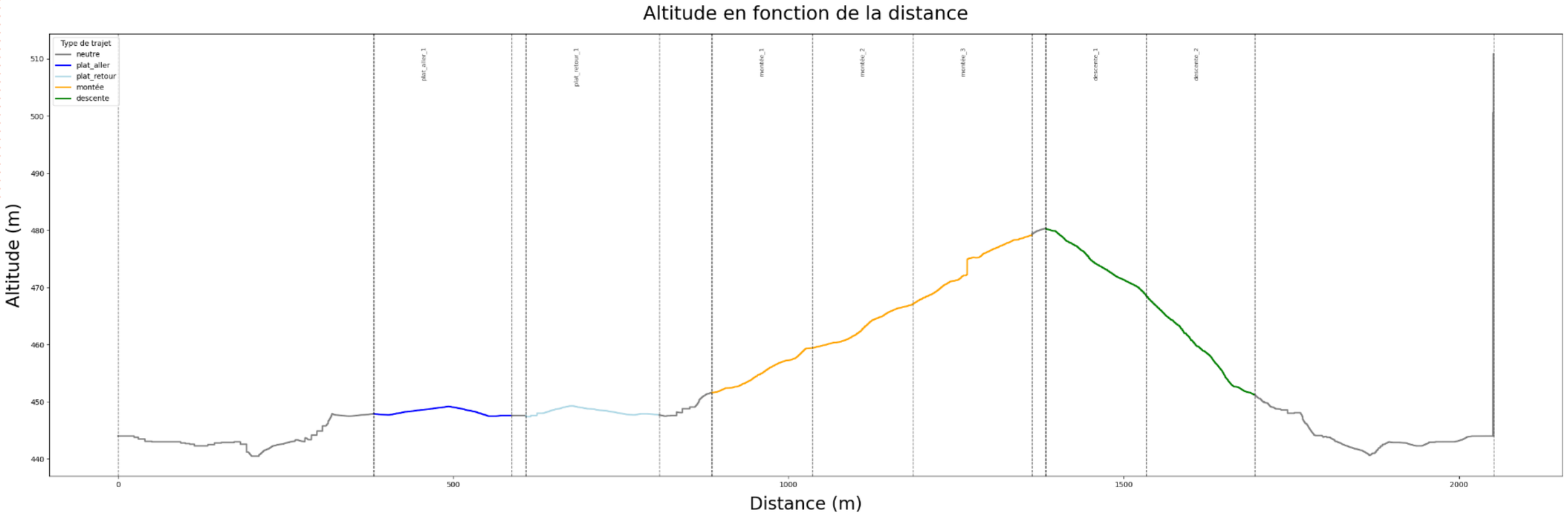
Données issues du téléphone

Lauenroth A, Schulze S, Ioannidis A, Simm A, Schwesig R. Effect of an Age Simulation Suit on Younger Adults' Gait Performance Compared to Older Adults' Normal Gait. *Research in Gerontological Nursing*. 2017;10(5):227-233. doi:10.3928/19404921-20170831-04.

Traitement des données

TRAITEMENT DES DONNEES

Découpage des segments



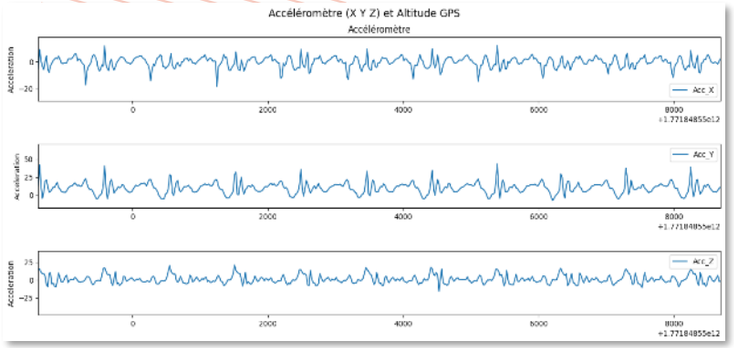
Plat
480 m
pente 0 %

Montée
510 m
pente 5 %

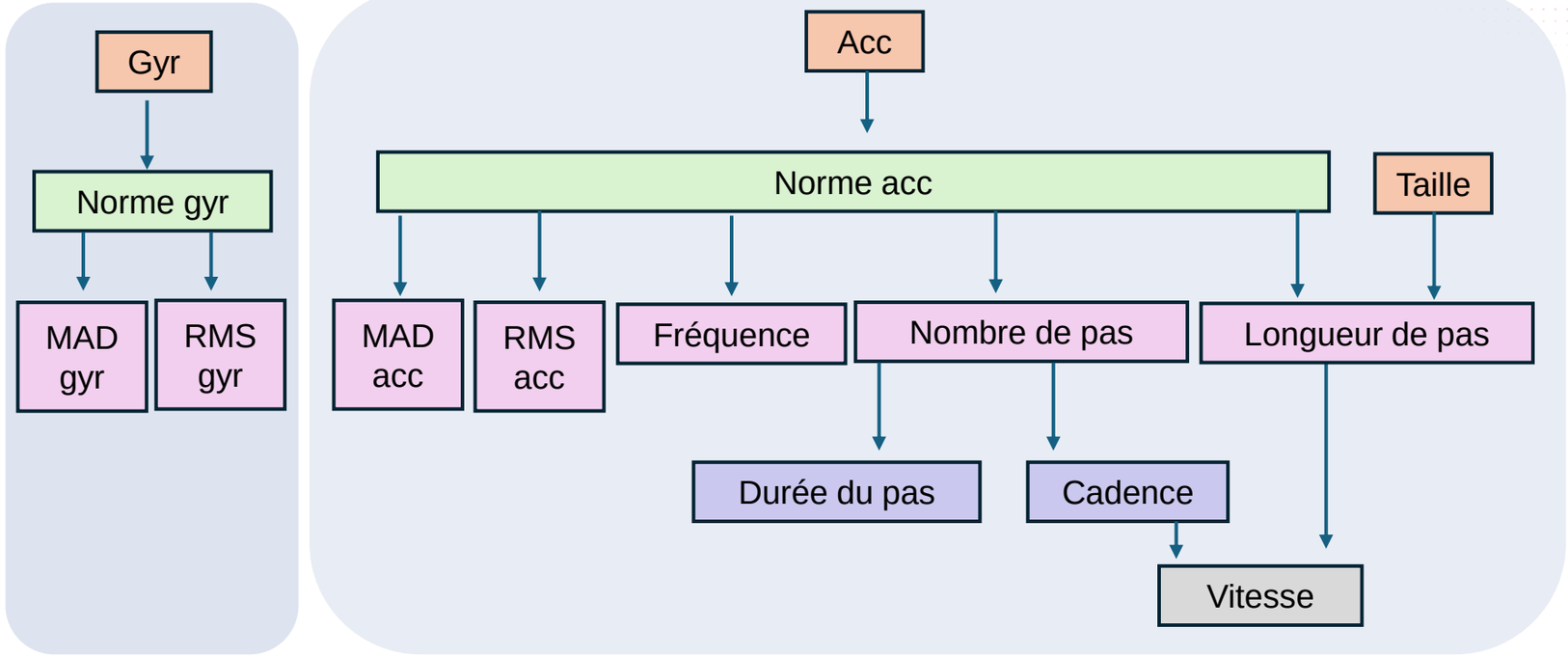
Descente
360 m
pente −7 %

TRAITEMENT DES DONNEES

Des signaux bruts aux caractéristiques de la marche



Fréquence de collecte : 50Hz



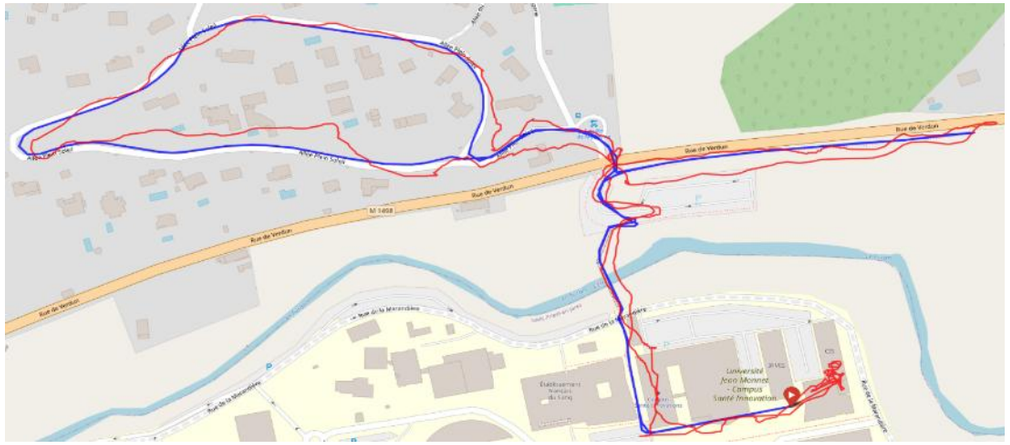
Caractéristiques de la marche

TRAITEMENT DES DONNEES

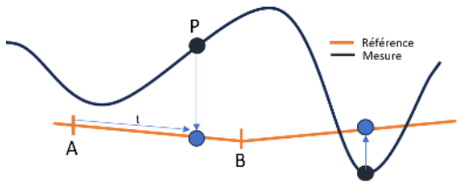
Vitesse

Avec le GPS

$$V_{seg} = \frac{\text{Longeur segment}}{\text{temps}}$$



Projection des points mesurés sur le parcours de référence



Limite

Erreurs sur la distance parcourue

+

Erreurs sur le temps

Avec accéléromètre

$$V_{seg} = \text{cadence} \,.\, \text{longueur de pas}$$

Longueur du pas, formule théorique (méthode de Weinberg) :

$$L_i = k \cdot (amplitude_i)^{0,25}$$

k : coefficient de calibration dépendant du sujet

1 **Estimation de k sur tous le parcours**

$L_{moyenne\ attendue} = \alpha \cdot H$; $\alpha \approx 0.415$ *pour un adulte* ; *H: taille du sujet*

$$k = \frac{L_{moyenne\ attendue}}{moyenne\left((\text{amplitude})^{0.25}\right)}$$

2 **Application de la formule sur chaque segment**

Limites résultats généralement obtenus en laboratoire, sur tapis roulant , erreurs possibles constatées dans la littérature

L. E. Díez, A. Bahillo, J. Otegui and T. Otim. *Step Length Estimation Methods Based on Inertial Sensors: A Review*. *IEEE Sensors Journal*, vol. 18, no. 17, pp. 6908-6926, 1 Sept.1, 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2857502.

SÉLECTION DES VARIABLES

1 **Caractéristiques de la personne**

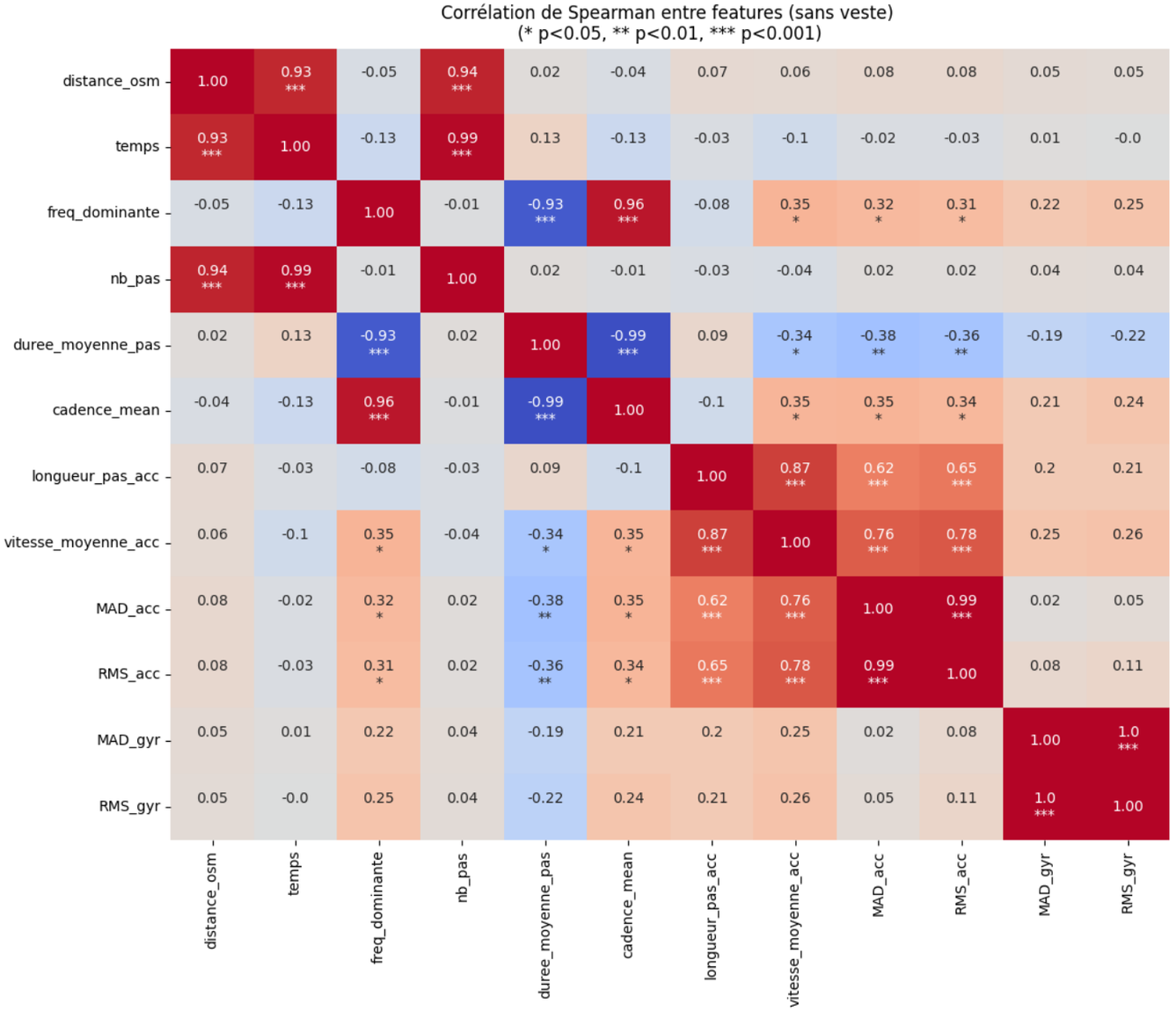
Âge, taille, poids, sexe, niveau d'activité physique

2 **Caractéristiques du parcours**

Pente et distance

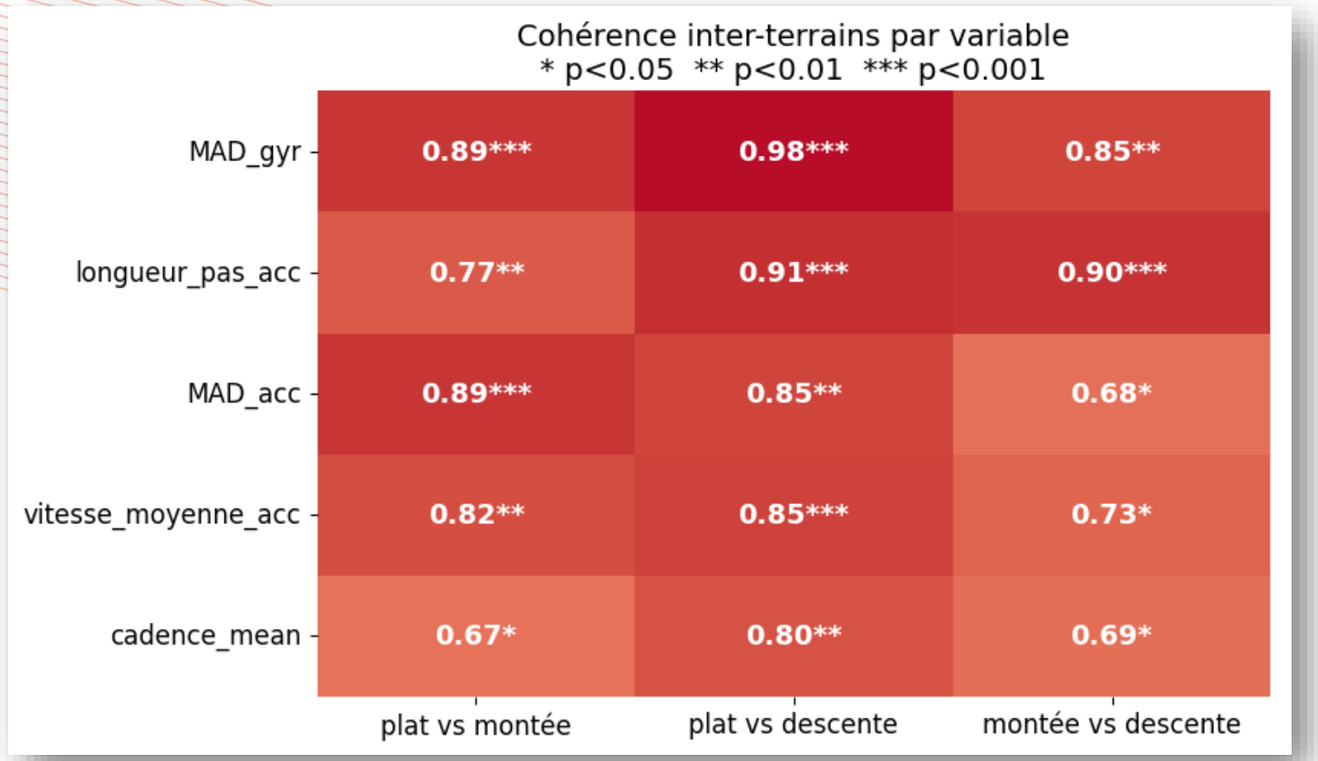
3 **Caractéristiques de la marche**

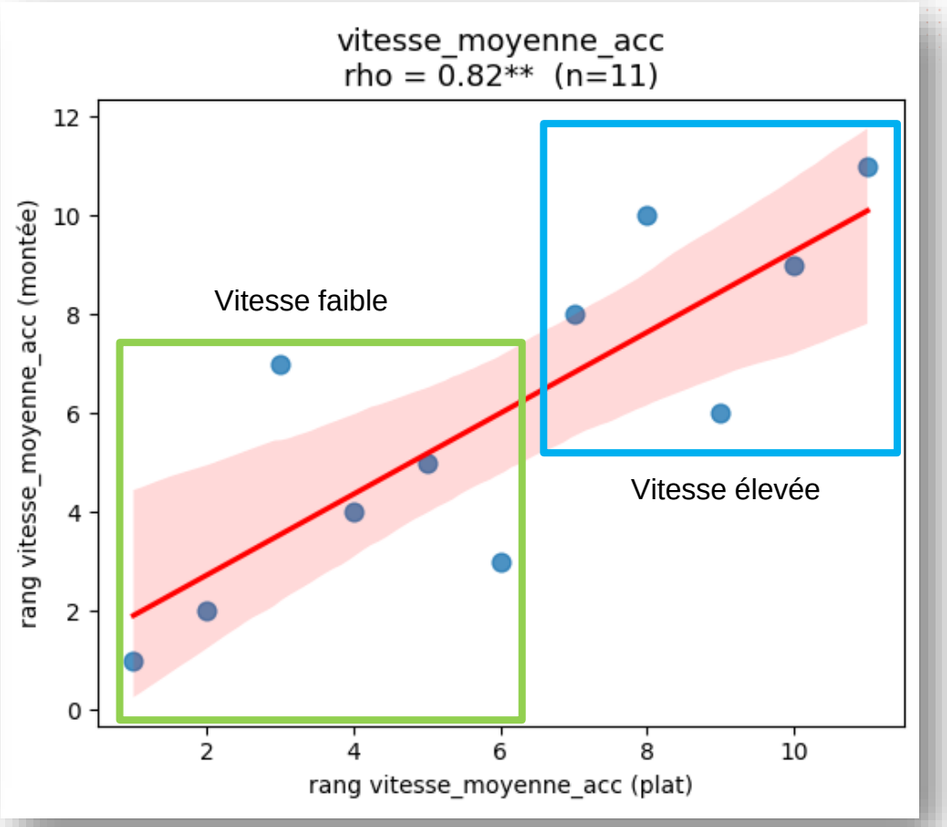
Rythme : vitesse moyenne, cadence
Intensité : MAD acc, MAD gyr



Résultats

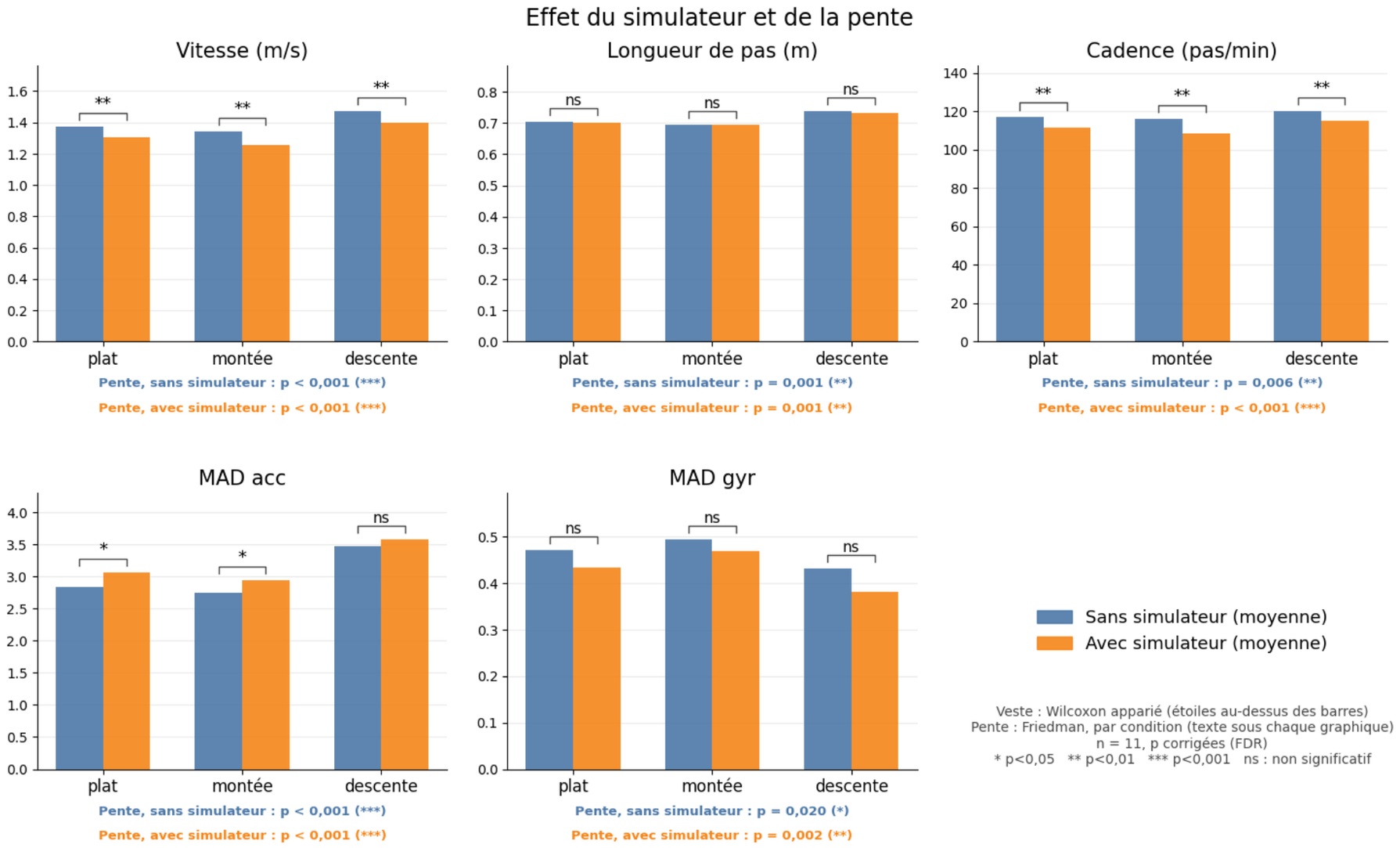
PROFIL DE MARCHE INDIVIDUEL





Le classement des individus est conservé quelle que soit la pente

EFFET DE LA PENTE (AVEC ET SANS SIMULATEUR)



Effet de la pente

- Réduction de la vitesse en montée
- Augmentation du rythme en descente

Effet du simulateur

- Réduction de la cadence
- Réduction de la vitesse
- Pas de changement significatif pour les autres paramètres

CONCLUSION

Le smartphone fournit des informations pertinentes pour caractériser la marche

Tendances observées

Profil individuel

Chaque personne conserve sa signature de marche sur l'ensemble du parcours

En montée

La vitesse et la cadence diminue, adaptation à l'effort

En descente

C'est l'inverse : la rythme augmente

Avec le simulateur

Le rythme diminue mais pas la stratégie d'adaptation à la pente

Cohérence avec la littérature

Accéléromètre de smartphone

Baek J-E, Jung J-H, Kim H-K, Cho H-Y. Smartphone Accelerometer for Gait Assessment: Validity and Reliability in Healthy Adults. *Applied Sciences*. 2024; 14(23):11321. https://doi.org/10.3390/app142311321.

Effet de la pente en extérieur

Matikainen-Tervola, E., Cronin, N., Aartolahti, E., Sansgiri, S., Mattila, O., Finni, T., & Rantakokko, M. (2025). Walking Parameters of Older Adults on Hilly and Level Terrain Outdoors. *Journal of Aging and Physical Activity*, *33*(6), 574-582. Retrieved Oct 29, 2026, https://doi.org/10.1123/japa.2024-0222

LIMITES

1

Échantillon très petit, de personnes jeunes

Pas de généralisation directe aux personnes âgées

2

Simulateur de vieillissement

Ne reproduit pas entièrement les conditions d’une personne âgée

3

Erreurs d’estimation de la vitesse

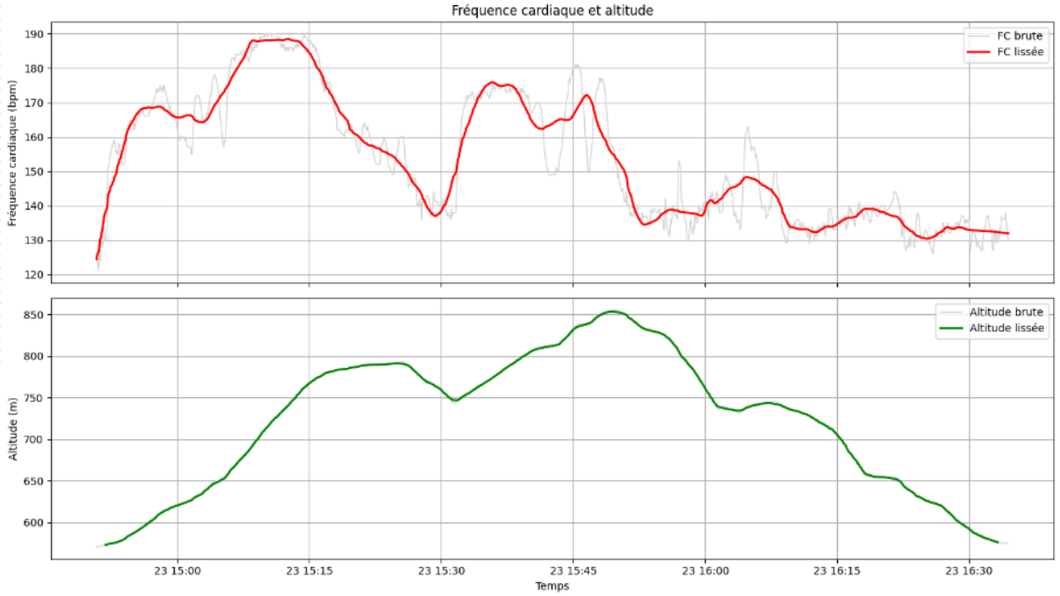
Pas de vérité terrain pour comparer les résultats

4

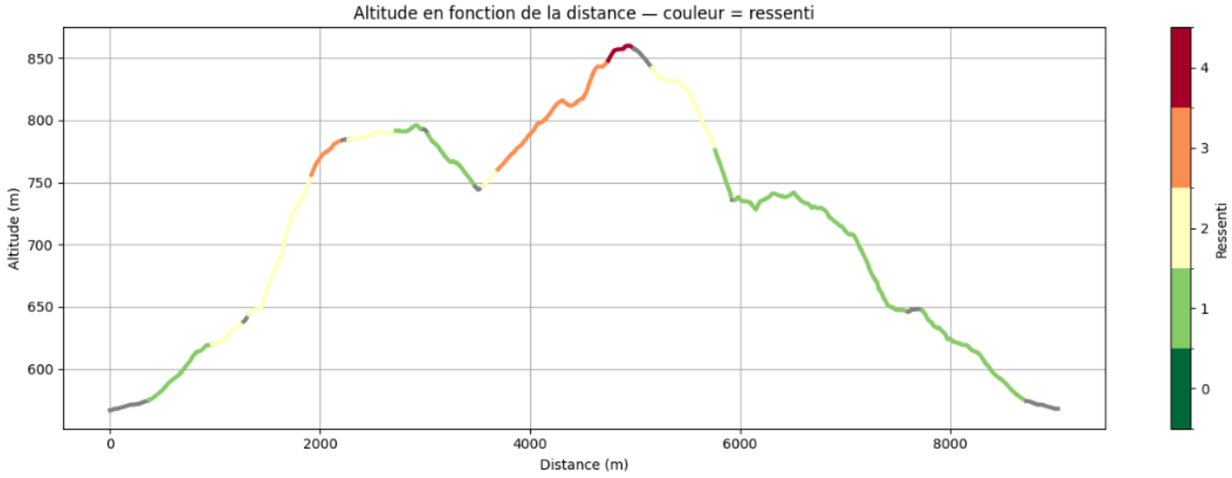
Pas encore de lien avec la fatigue ressentie

Indispensable pour repérer les marches difficiles

PROCHAINES ÉTAPES



Fréquence cardiaque et altitude (montre Garmin Instinct 3)



Altitude le long du parcours, colorée selon le ressenti

Court terme

Poursuivre les collectes

Améliorer la qualité des mesures, dont la vitesse et la fréquence cardiaque

Moyen terme

Relier mesures et ressenti

Étudier les liens entre paramètres de marche, terrain et effort perçu

Long terme

Caractériser la difficulté

Repérer les portions difficiles pour chaque personne et proposer des itinéraires adaptés

Merci de votre attention