

**Tags:** #Internships #stage #Inria #proposal #Spartacus

## **Titre : Modélisation Statistique du Rythme Scapulo-Huméral : Une Analyse par Courbes de Croissance Latentes des Cinématiques In Vivo et Ex Vivo du jeu de données Spartacus**

### **Encadrants :**

- Pierre Puchaud, Équipe de recherche Auctus, Inria Bordeaux,
  - Florent Moissenet, Hospital universitaire de Genève
- 

## **Contexte Scientifique**

Le rythme scapulo-huméral, c'est-à-dire la coordination cinématique entre la scapula et l'humérus lors de l'élévation du bras, est un mécanisme fondamental pour la mobilité et la stabilité de l'épaule. Comprendre les subtilités de ce rythme est essentiel pour le diagnostic clinique, la planification de la rééducation et la conception de systèmes d'assistance. Cependant, la nature de ce rythme reste débattue, notamment concernant l'influence de l'activation musculaire (conditions *in vivo*) par rapport aux contraintes purement mécaniques et ligamentaires (simulées en conditions *ex vivo* sur des sujets cadavériques).

Le projet **Spartacus** a récemment fourni à la communauté scientifique un jeu de données agrégé, unique en son genre, rassemblant des mesures cinématiques 3D de l'épaule issues de multiples études "gold-standard" (pins intra-corticaux, imagerie). Cette base de données contient des enregistrements pour des sujets sains dans des conditions *in vivo* et *ex vivo*, offrant une opportunité sans précédent pour quantifier de manière robuste les différences entre ces deux conditions.

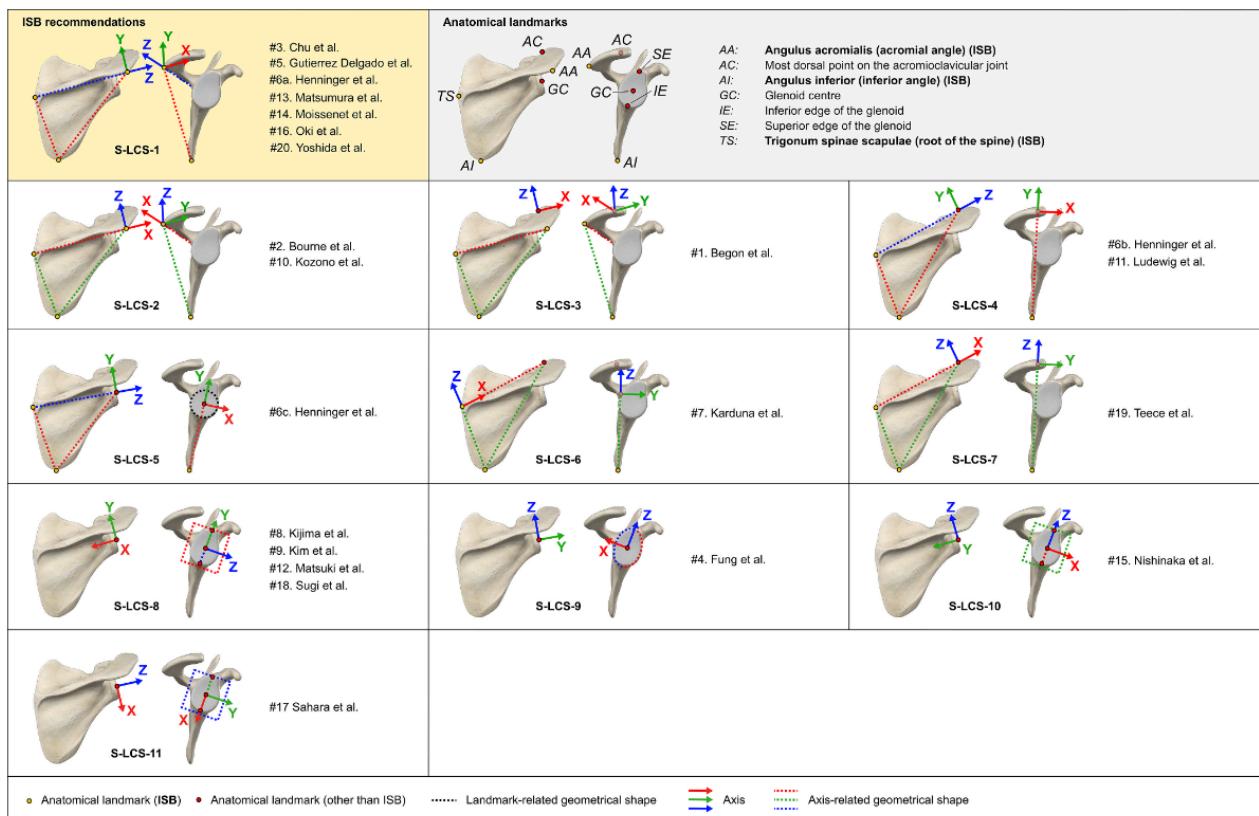


Fig1. Modélisation des scapulas dans spartacus

Ce stage propose de comparer les jeux de données existants à l'aide de méthodes statistiques avancée, les **modèles à courbes de croissance latentes (Latent Growth Curve Models - LGCM)**, pour analyser les trajectoires cinématiques de l'épaule. Une seconde tâche sera également de participer au maintien du projet Spartacus.

## Objectifs du Stage

L'objectif principal est de modéliser et de comparer les trajectoires de la cinématique scapulo-thoracique durant l'élévation du bras entre les conditions *in vivo* et *ex vivo* en utilisant les données Spartacus. Les LGCM, une application des modèles d'équations structurelles (SEM), permettent non seulement de décrire la forme moyenne d'une trajectoire (par exemple, linéaire, quadratique), mais aussi de quantifier la variabilité autour de cette moyenne et de tester l'effet de co-variables (ici, la condition expérimentale) sur les paramètres de la trajectoire (point de départ, pente, courbure).

Les missions du stagiaire seront les suivantes :

- 1. Prise en main et Préparation des Données :** Se familiariser en profondeur avec la structure et le contenu du jeu de données Spartacus.
- 2. Prise en main de la technique des LGCM :** Se familiariser en profondeur la méthode et ses indicateurs.
- 3. Construction des Modèles de Croissance Latente :**
  - Déterminer la forme fonctionnelle la plus appropriée pour décrire les trajectoires (linéaire, quadratique, etc.) en se basant sur des critères d'ajustement du modèle (fit

indices).

#### 4. Analyse Comparative Multi-groupes :

- Mettre en œuvre un modèle LGM "conditionnel" (multi-groupes) pour tester formellement l'hypothèse principale : la condition expérimentale (*in vivo* vs *ex vivo*) a-t-elle un effet significatif sur les paramètres de la trajectoire scapulaire (intercept, pente, etc.) ?
- Quantifier et interpréter biomécaniquement les différences observées. Par exemple : "L'activation musculaire (*in vivo*) induit-elle une augmentation de la pente de la rotation scapulaire après 60° d'élévation du bras ?"

#### 5. Valorisation et Synthèse :

- Produire des visualisations claires et informatives des résultats (ex: trajectoires moyennes prédictes par le modèle pour chaque groupe, superposées aux données brutes).
- Rédiger un rapport de stage détaillé et **potentiellement contribuer à la préparation d'un article scientifique.**

### Profil Recherché

- Étudiant(e) en Master 2 (M2) avec une spécialisation en **Science des Données, Biostatistiques, Ingénierie Biomédicale, ou Biomécanique.**
- **Compétences Statistiques (essentielles) :**
  - Solide connaissance des modèles de régression et des statistiques inférentielles.
  - Une première expérience ou un fort intérêt pour l'analyse de données longitudinales est requis.
- **Compétences en Programmation (essentielles) :**
  - L'étudiant a déjà codé avec **R** pour l'analyse statistique,
  - L'étudiant a déjà codé en **Python** avec son écosystème data science ( `pandas` , `numpy` , `statsmodels` ).
- **Qualités Personnelles :**
  - Curiosité scientifique, rigueur et autonomie.
  - Bonnes capacités d'analyse et de synthèse.
  - Bon niveau d'anglais (lu, écrit) pour la lecture de la littérature scientifique.
- **Facultatif:**
  - L'étudiant sait utiliser des matrices de rotation
  - Connaissance des librairies comme `lavaan` (pour SEM/LGCM) ou `lme4` (modèles mixtes).

Ce stage offre une excellente opportunité d'appliquer des méthodes statistiques de pointe à un problème de recherche concret en biomécanique, en se basant sur un jeu de données de très haute qualité, **à fort potentiel de publication.**