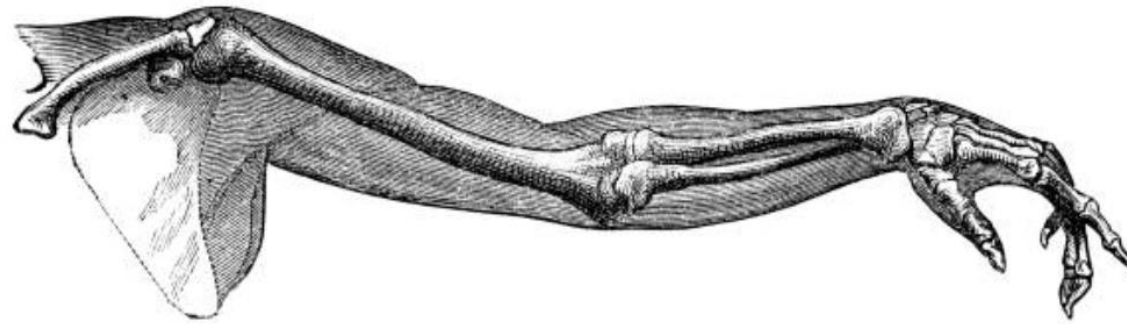


Biomécanique du complexe articulaire de l'épaule, quoi de neuf ?

Yoann BLACHE



22e Symposium romand d'ostéopathie et de physiothérapie

DÉFINITIONS DU BIOMÉCANICIEN

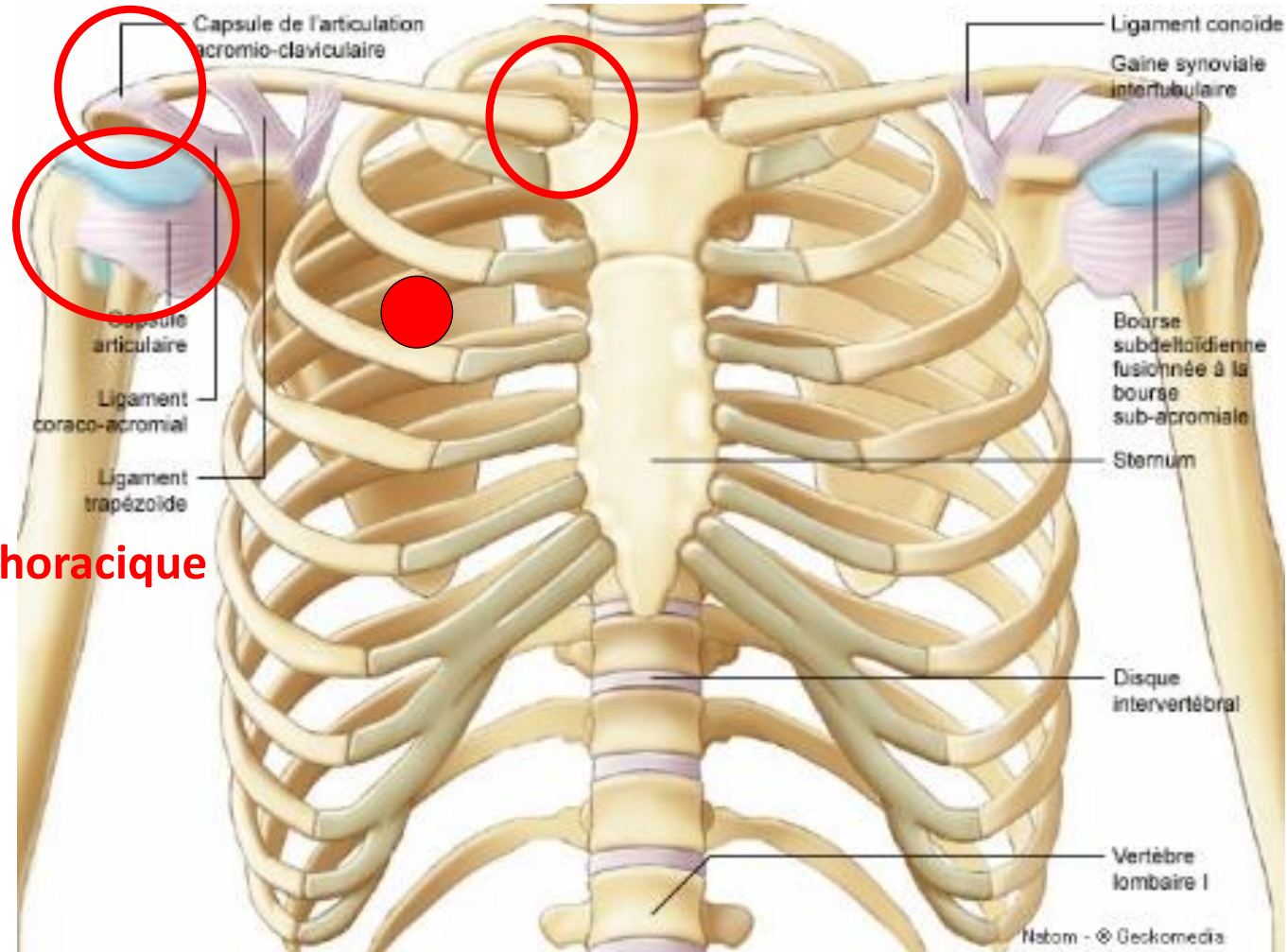
4 articulations

Acromio-claviculaire

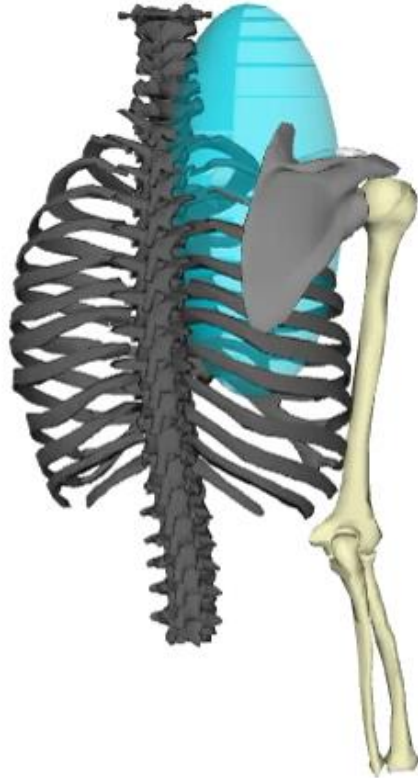
Sterno-claviculaire

Scapulo-huméral

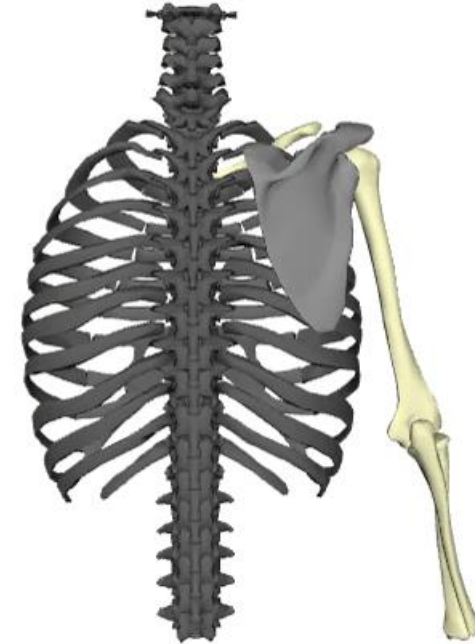
Scapulo-thoracique



Articulation scapulo-thoracique



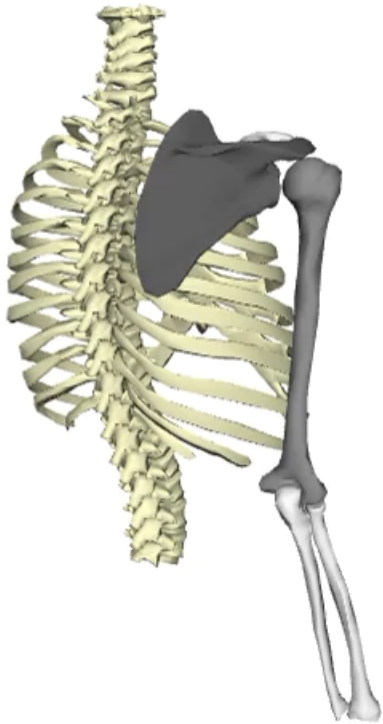
Translations sur le plan de glissement
scapulo-thoracique



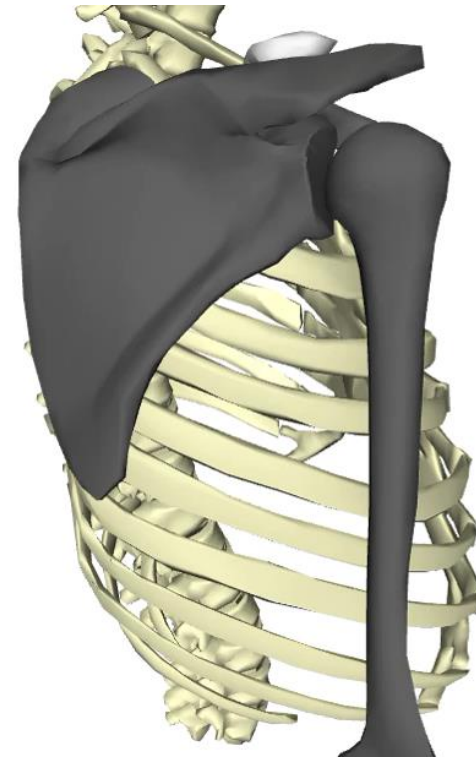
Rotation int./ext. - Sonnette - Tilt

DÉFINITIONS DU BIOMÉCANICIEN

Articulation scapulo-humérale



Rotations : Abduction – Flexion – Rotation

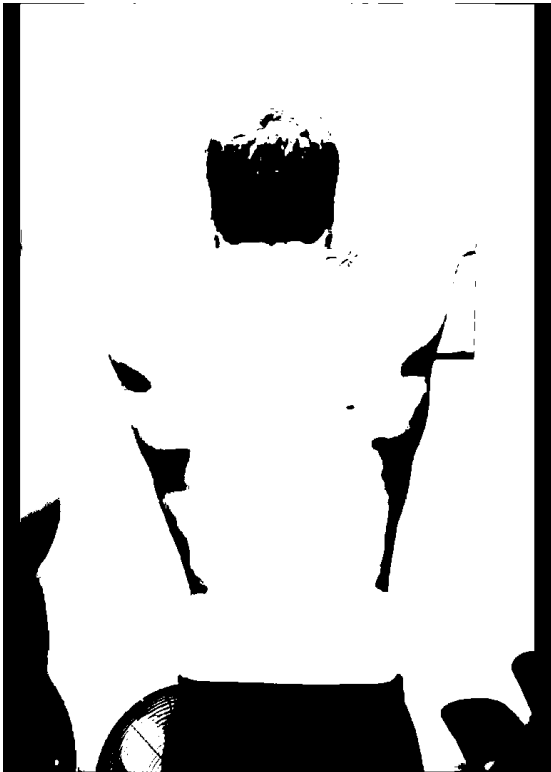


Translations : med/lat – cranio/caud – Ant/post

DU CLINICIEN AU BIOMÉCANICIEN

Mr Dupont, joueur de tennis

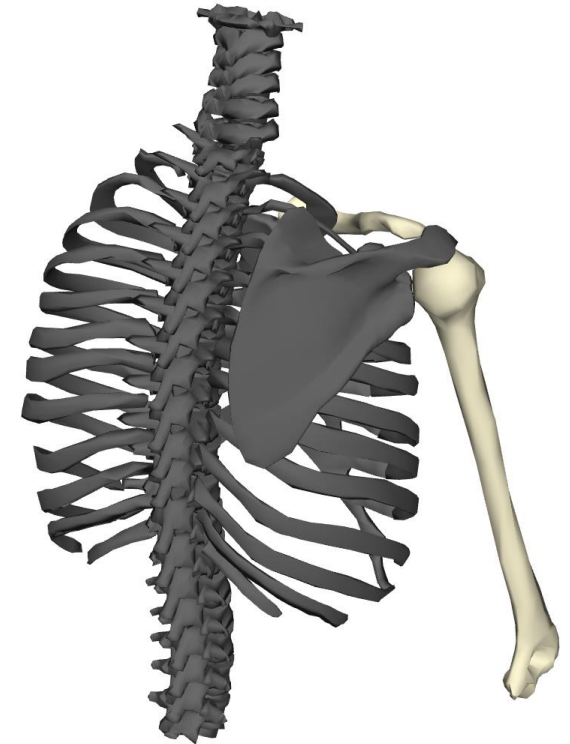
Élévation/abaissement avec charge
dans le plan sagittal



Dyskinésie Scapulaire



Cinématique scapulo-thoracique



(Kibler et al. 2013)

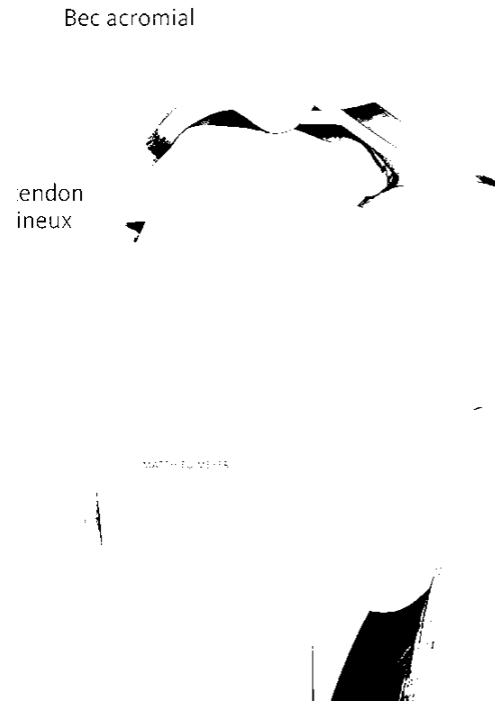
DU CLINICIEN AU BIOMÉCANICIEN

Mr Dubois, joueur de handball

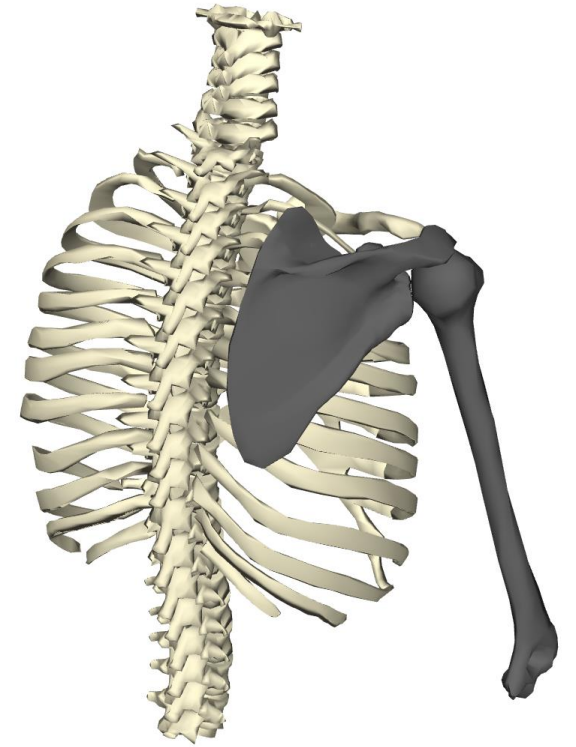
Test de Neer



Conflit sous-acromial



Cinématique scapulo-humérale



(www.ExaminationVideos.com)

CINÉMATIQUE DU COMPLEXE DE L'ÉPAULE

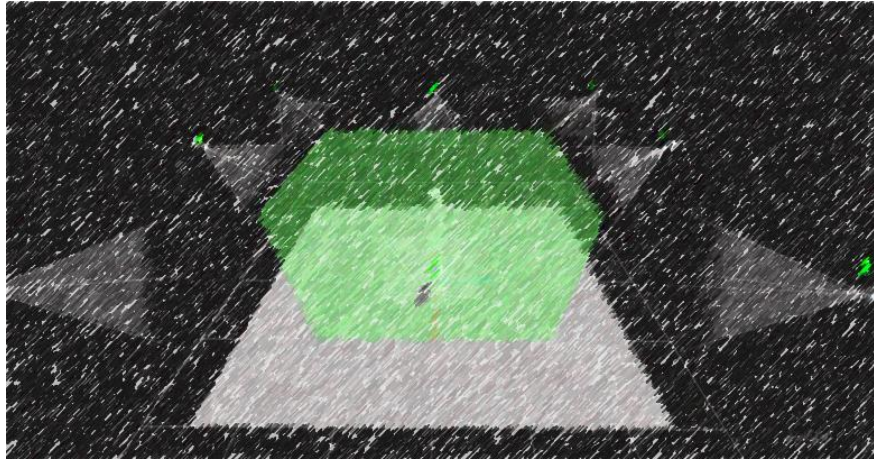


Caméras avec marqueurs

Imagerie

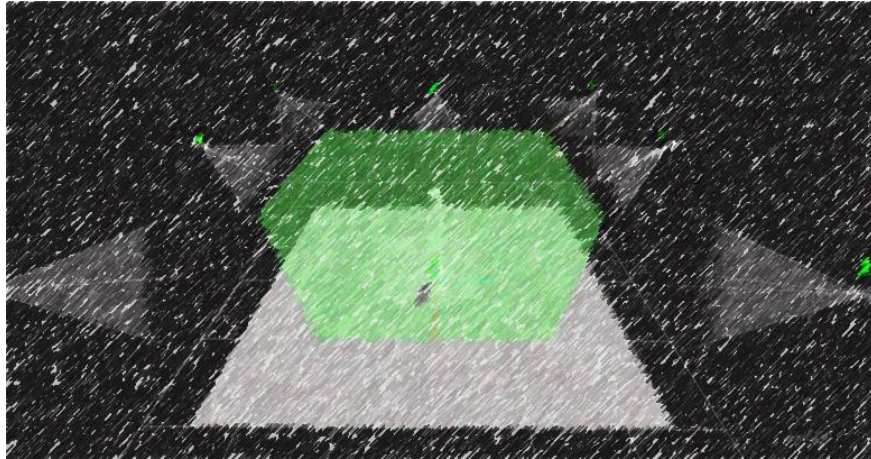
Caméras sans marqueur

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS

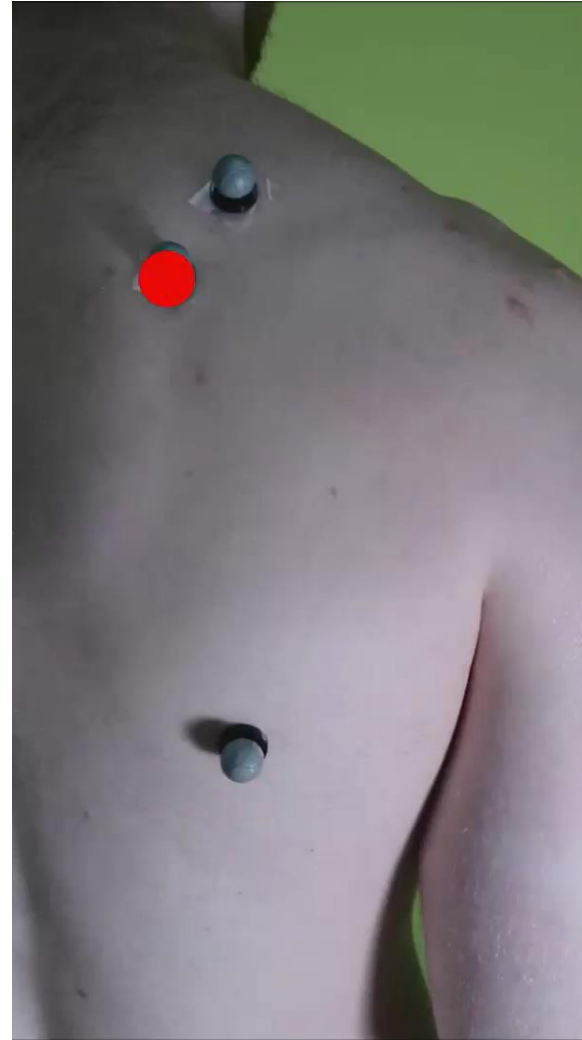


(Jackson et al. 2012)

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



(Jackson et al. 2012)

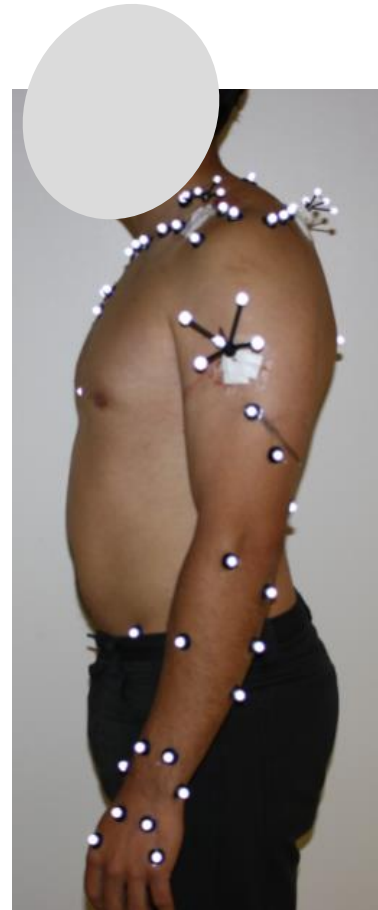


Artefacts des tissus mous

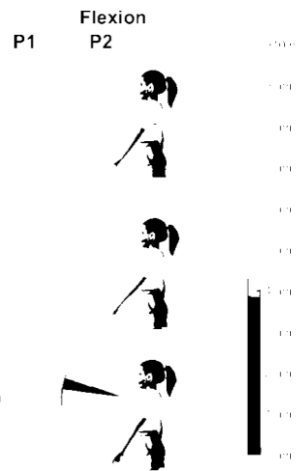
Location	Arm elevation
1	38.5 ± 14.6
2	52.3 ± 14.3
3	63.2 ± 16.5
4	58.8 ± 14.9
5	86.8 ± 28.1
6	83.2 ± 27.9
7	85.7 ± 30.7

(Matsui et al. 2006)

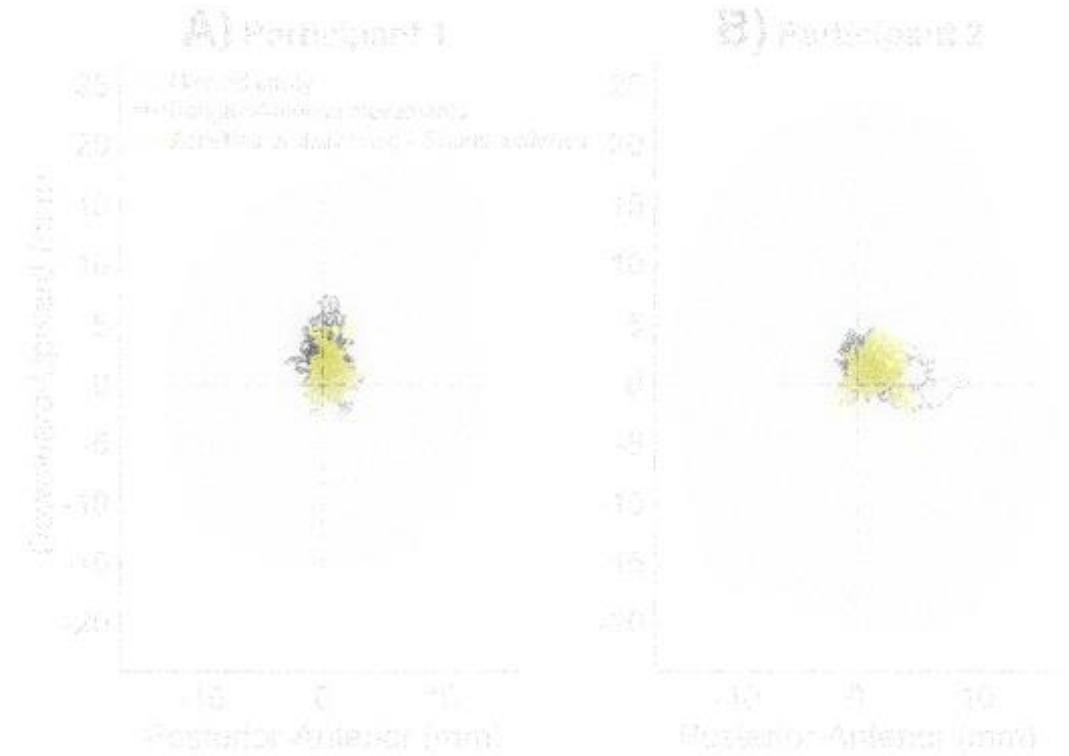
CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



Distance insertion infraspinaus-acromion



Déplacement de la tête humérale vis-à-vis de la glène

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



Longueur clavicule

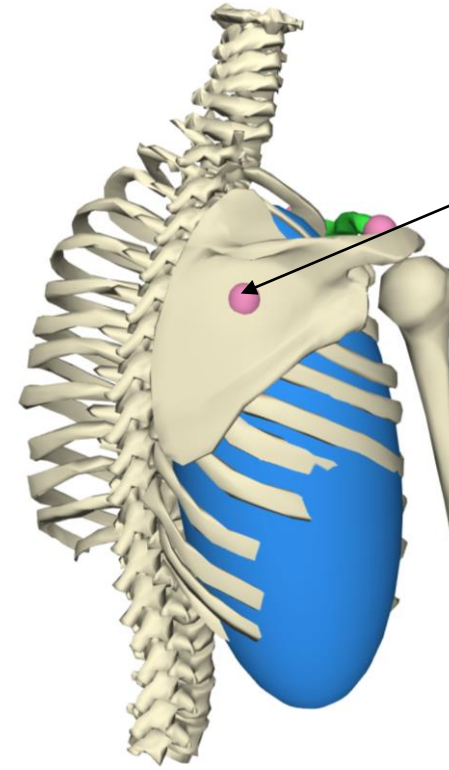
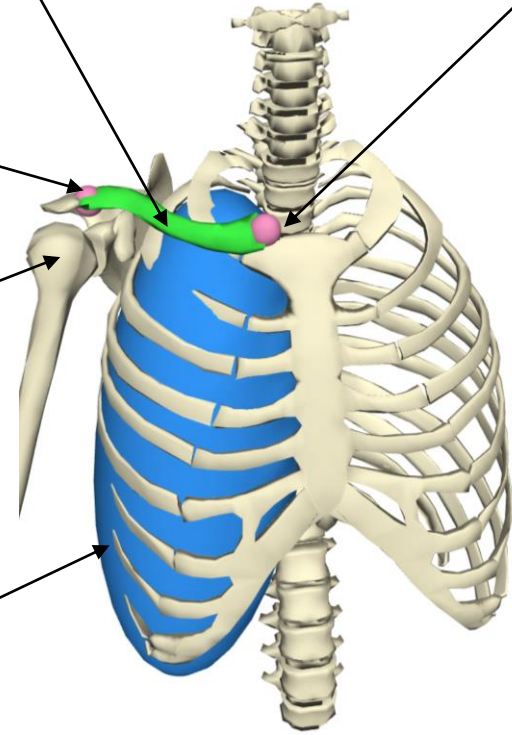
Art. Sterno-claviculaire

Art. Acromio-claviculaire

Art. Gléno-humérale

Ellipsoïde

Point de contact

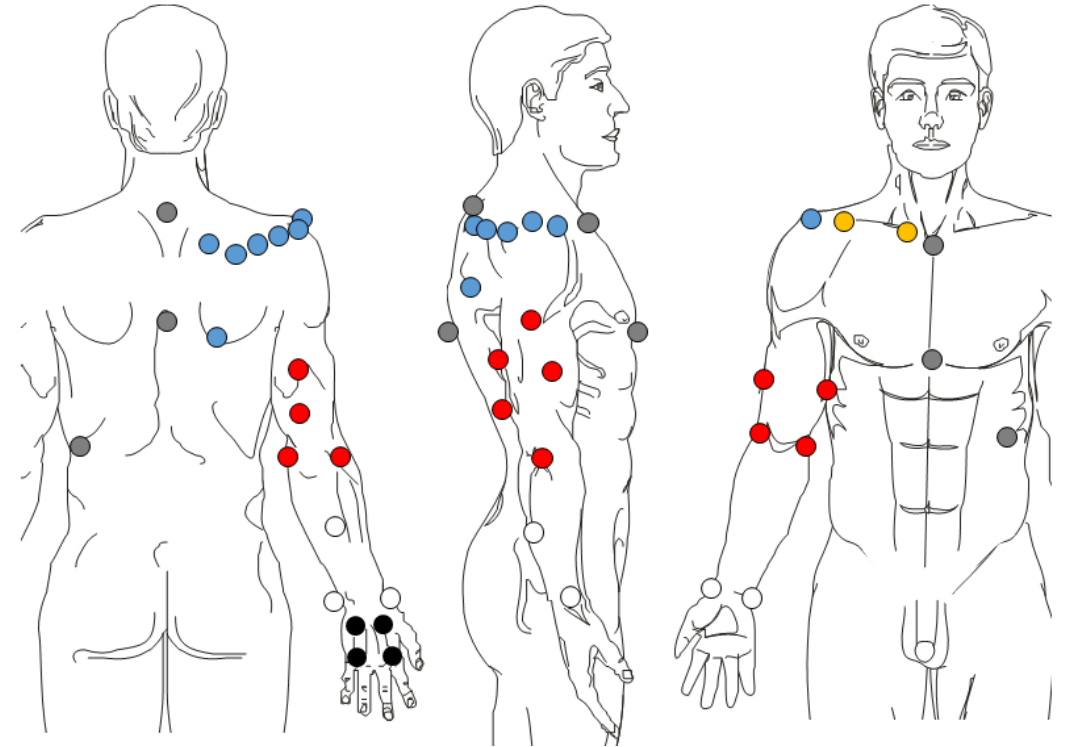


(Duprey et al. 2017)

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



Placement des marqueurs (n = 21 à 28)



Proche de la première pose du mouvement étudié

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS

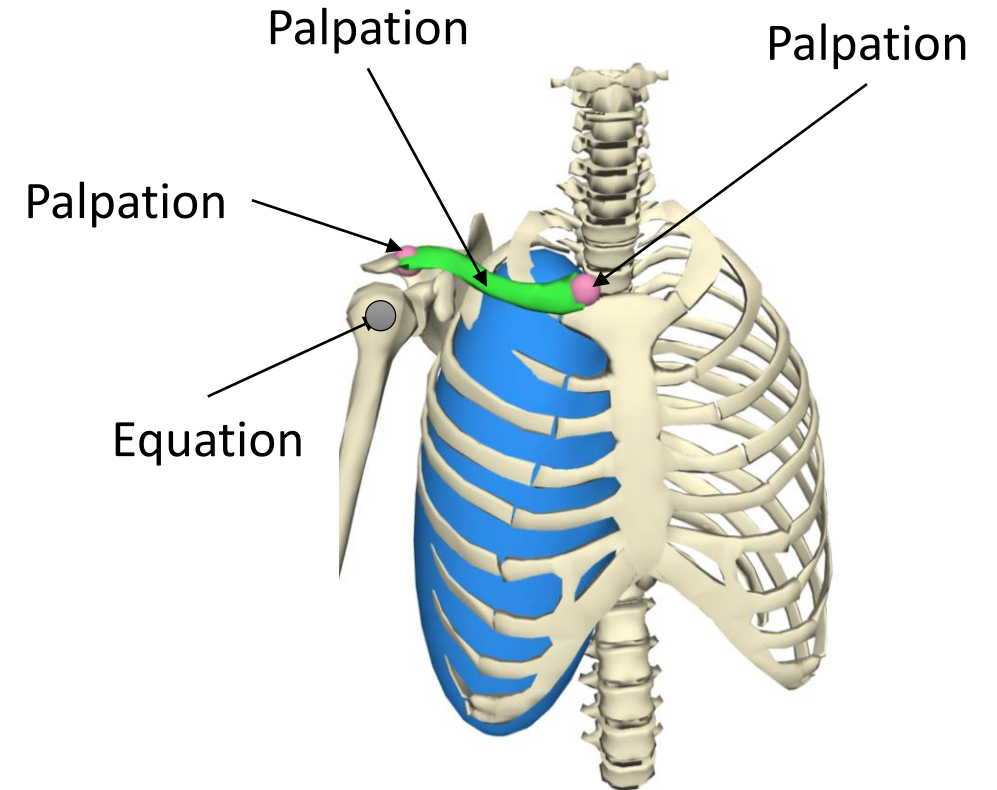


Placement des marqueurs (n = 21 à 28)

Calibration du modèle

Centres articulaires

Longueur clavicule



CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



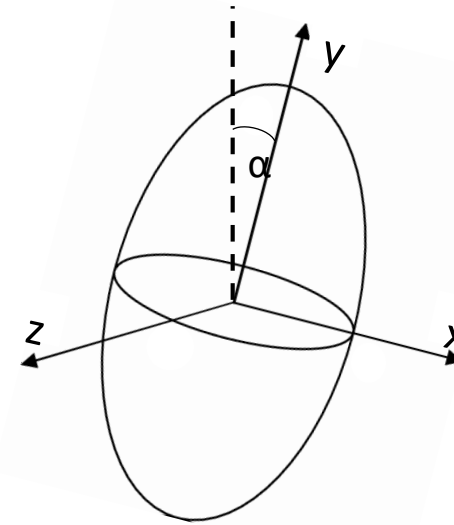
Placement des marqueurs (n = 21 à 28)

Calibration du modèle

Centres articulaires

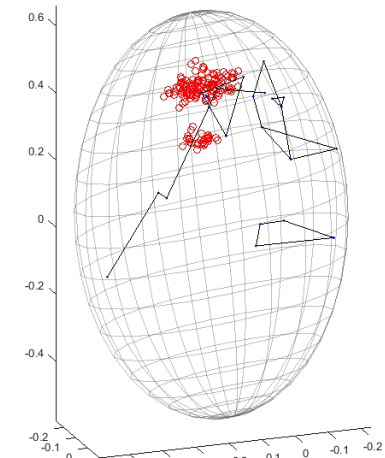
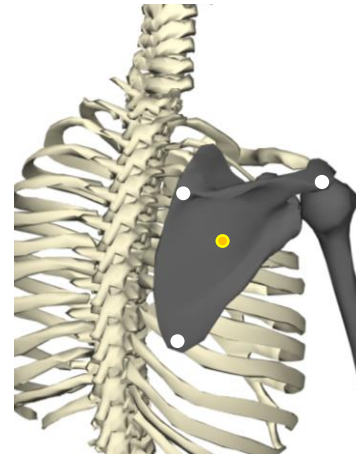
Longueur clavicule

Ellipsoïde



- Rayons
- Centre
- Orientation

➤ Palpation sur 5 poses statiques équiréparties



CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



Placement des marqueurs (n = 21 à 28)

Calibration du modèle

Centres articulaires

Longueur clavicule

Ellipsoïde

Mouvement + seconde calibration



➤ Palpation scapula sur la dernière position

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



Placement des marqueurs (n = 21 à 28)

Calibration du modèle

Centres articulaires

Longueur clavicule

Ellipsoïde

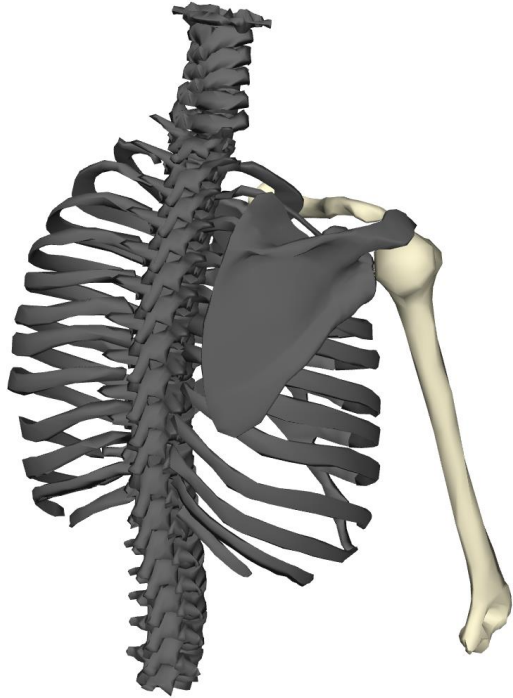
Mouvement + seconde calibration

Optimisation multisegmentaire

Cinématique scapulo-thoracique et scapulo-humérale

$$\min \sum_{i=1}^m W_i \cdot (\text{Marker}_i^{\text{exp}} - \text{Marker}_i^{\text{model}})^2$$

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS

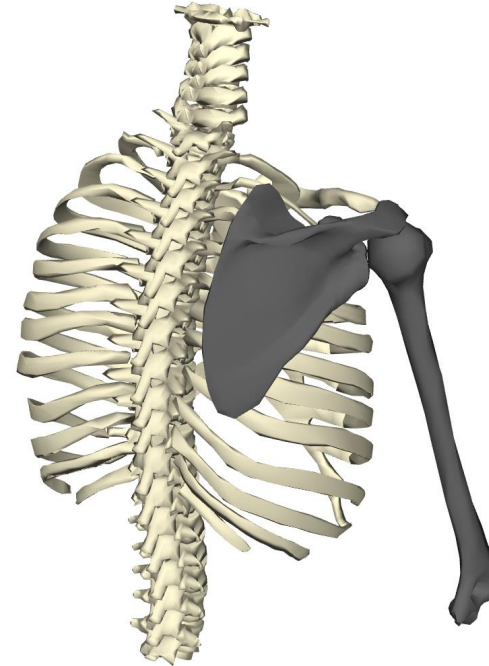
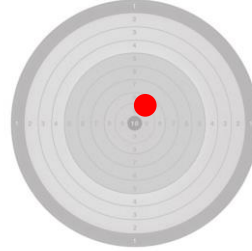


Erreur moyenne $\approx 8^\circ$

Pic erreur moyenne $\approx 12^\circ$

(Blache et al. 2023)

Précision



Erreur moyenne rotations ≈ 3 à 8°

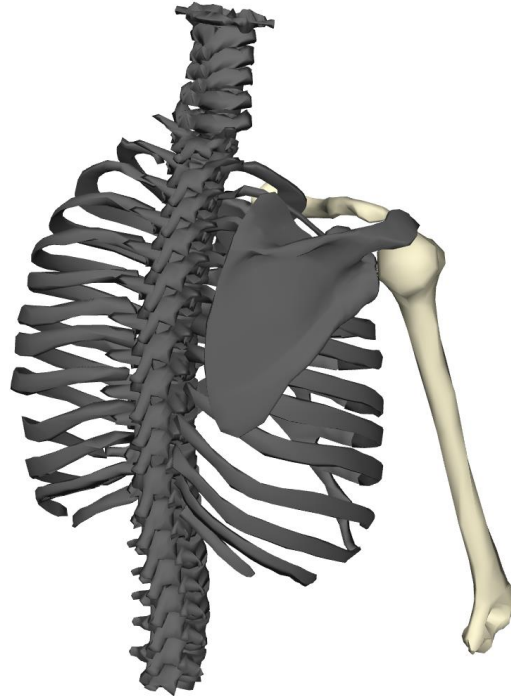
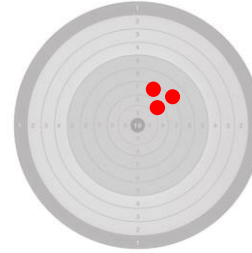
Erreur moyenne translations ≈ 3 mm

(Begon et al. 2015, Charbonnier et al. 2014)

CAMÉRAS AVEC MARQUEURS



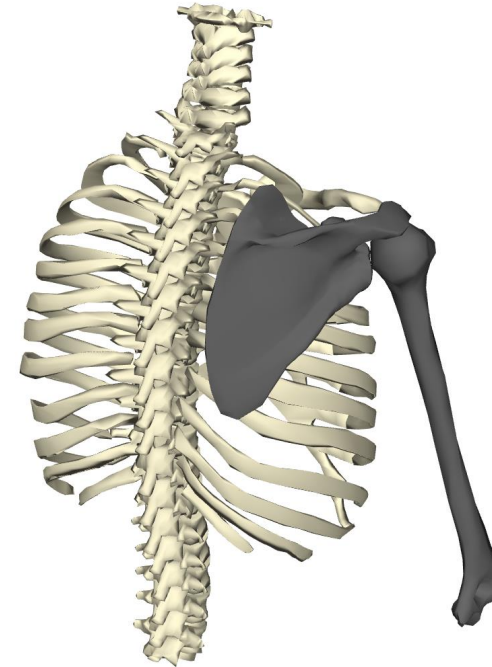
Reproductibilité



ICC : [0.72 – 0.99]

SEM : [1.6° – 4.7°]

(Blache et al. 2021)



CMC : [0.82 – 0.94]

SEM : [1.4° – 4.9°]

(Lempereur et al. 2012)

CINÉMATIQUE DU COMPLEXE DE L'ÉPAULE

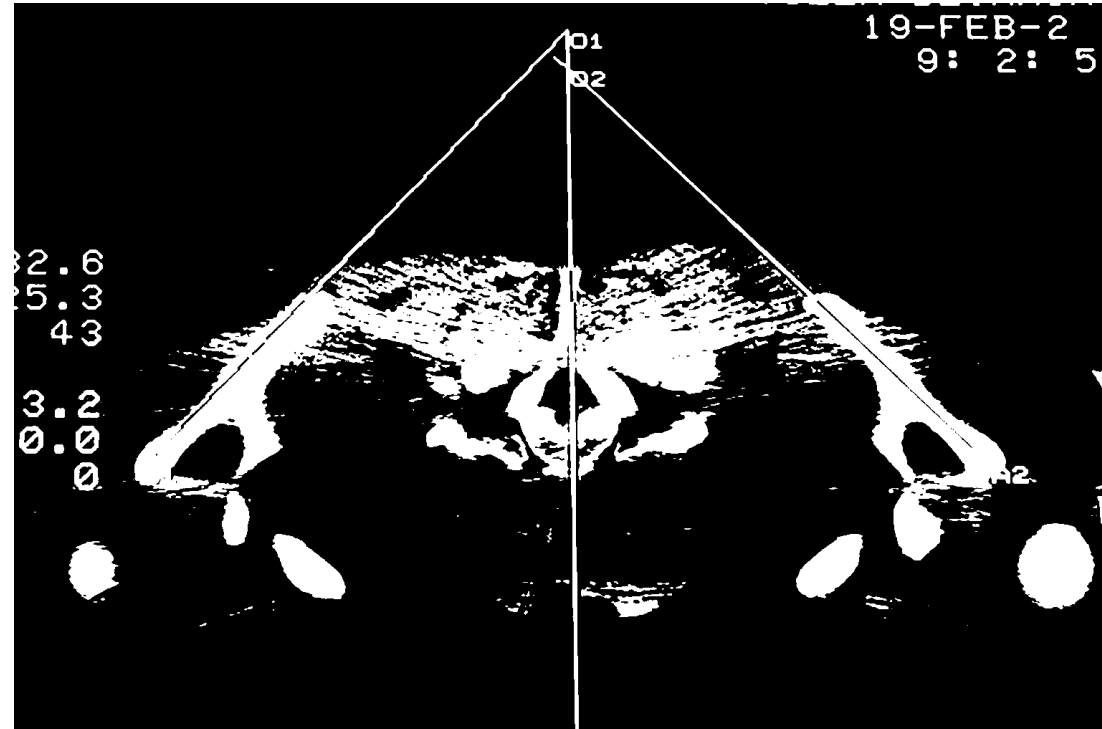


Caméras avec marqueurs

Imagerie

Caméras sans marqueur

Computed tomography 3D



(Cerciello et al. 2015)

✓ **Très grande précision**

✗ **Statique, position allongée, irradiant**

Computed tomography 4D



(Yoshida et al. 2022)



(Yoshida et al. 2023)

✓ Très grande précision, position érigée, dynamique

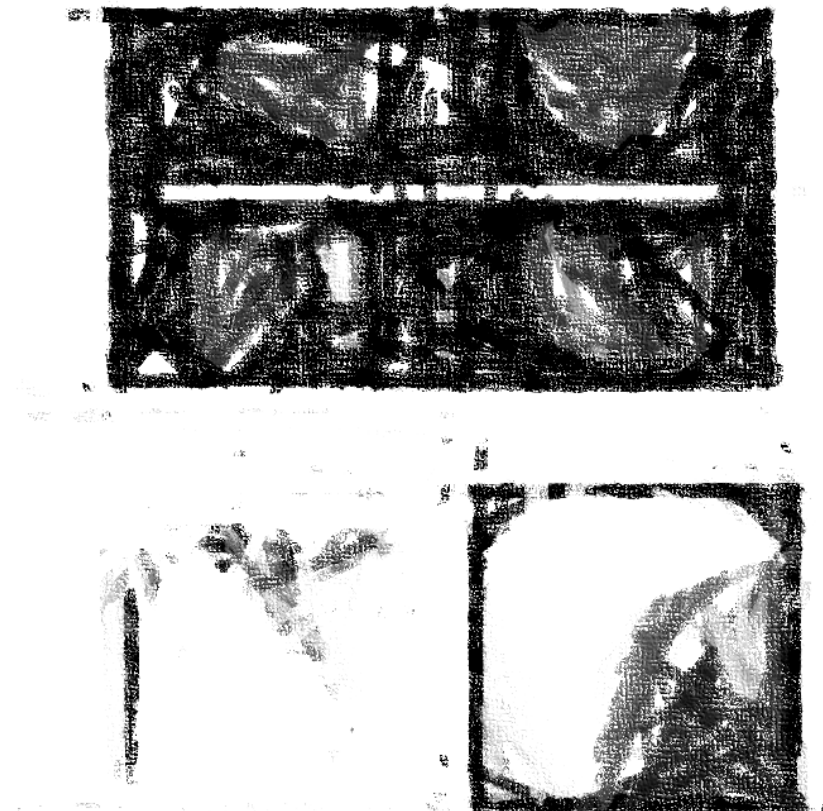
✗ Irradiant

MÉTHODES PAR IMAGERIE

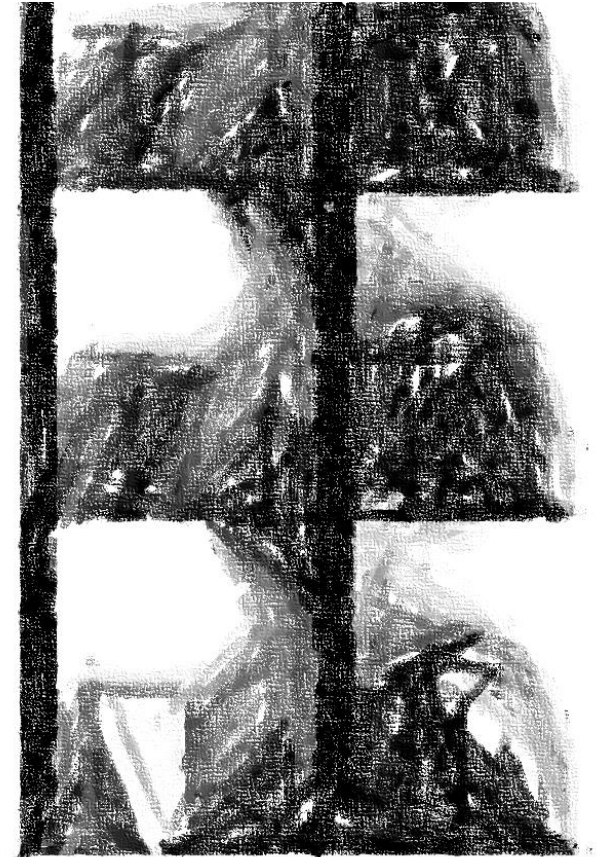
Fluoroscopie bi-planaire + Scanner



(Mozingo et al. 2018)



(Walker et al. 2016)

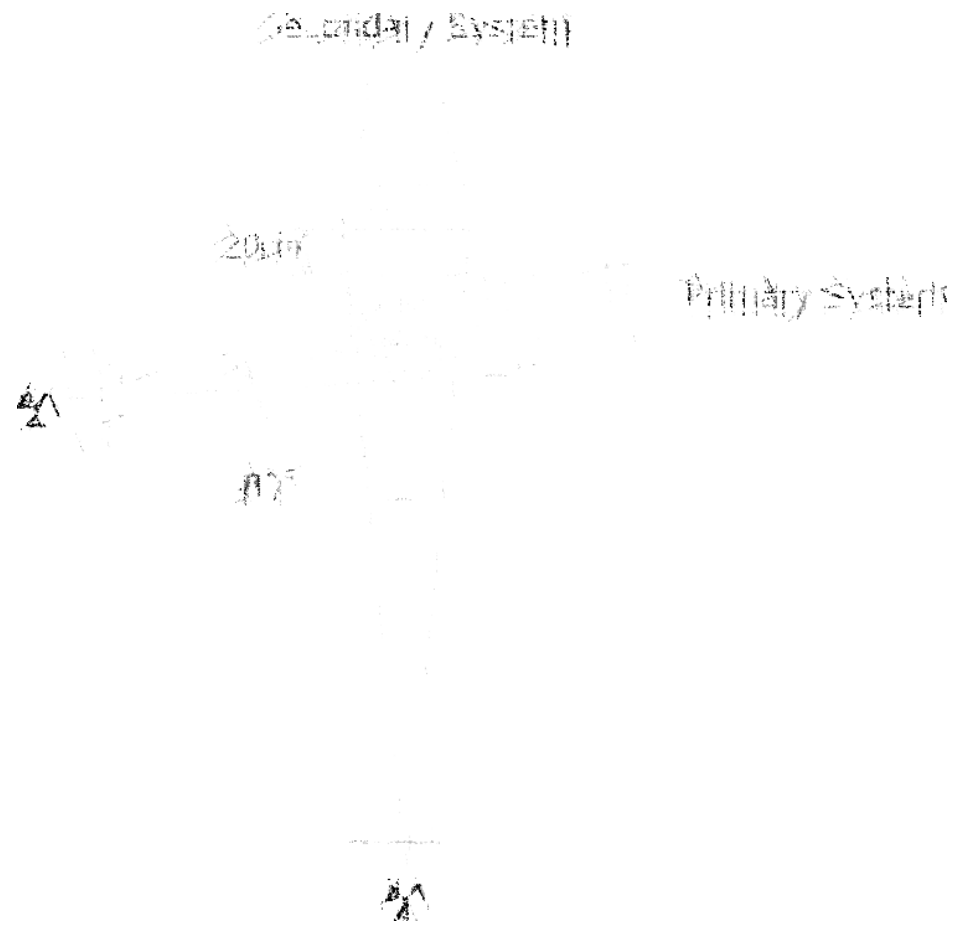


(Nicholson et al. 2017)

✓ Précision ($< 1^\circ$, $< 1\text{mm}$), position érigée, dynamique

✗ Irradiant

Fluoroscopie mono-planaire + Scanner



Fluoroscopie mono-planaire + Scanner

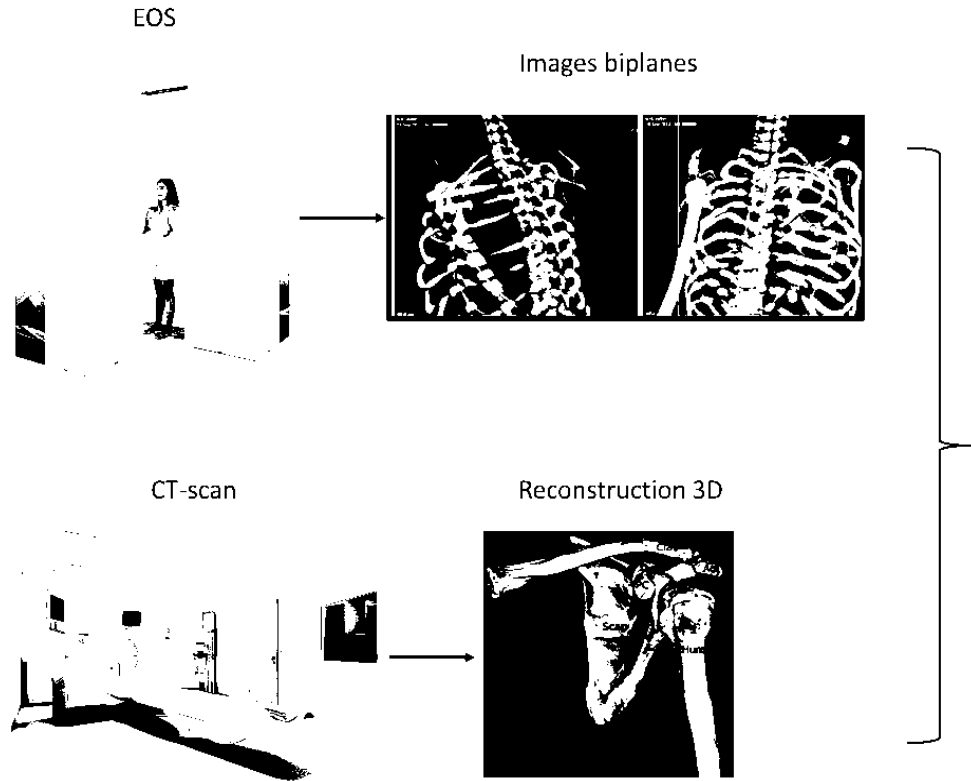


(Lawrence et al. 2018)

✓ Précision (0.5°-4°, 1.5mm-9mm), position érigée, dynamique

✗ Irradiant

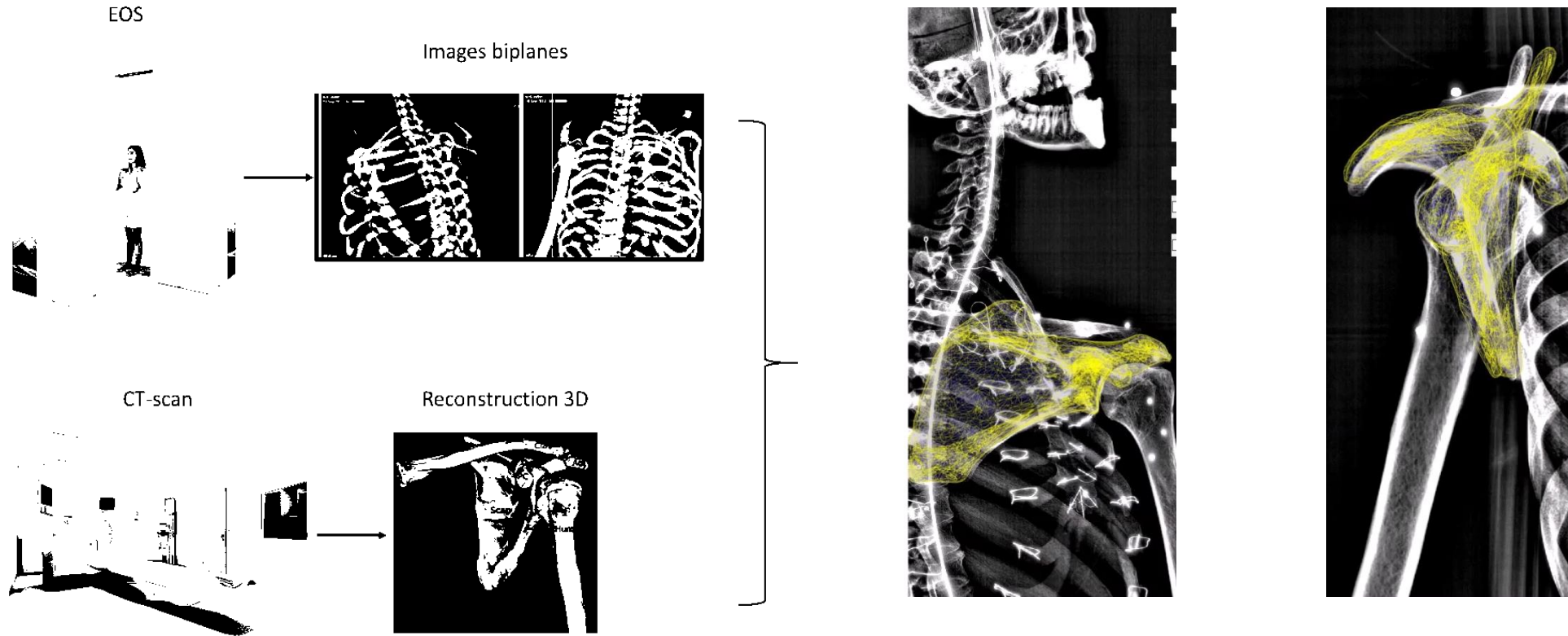
EOS + Scanner



(Nicholson et al. 2017 ; Zhang et al. 2016)

MÉTHODES PAR IMAGERIE

EOS + Scanner

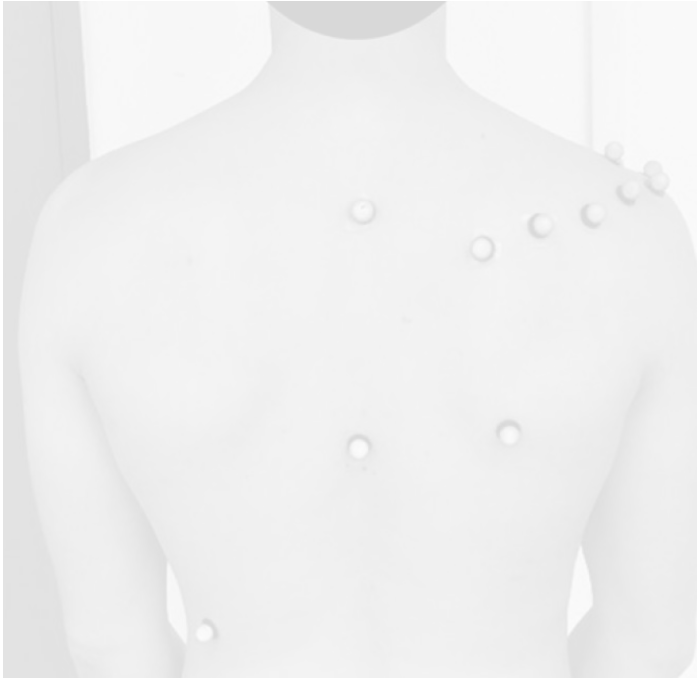


(Nicholson et al. 2017 ; Zhang et al. 2016)

✓ Précision ($< 1.5^\circ$, < 2 mm), position érigée

✗ Statique

CINÉMATIQUE DU COMPLEXE DE L'ÉPAULE



Caméras avec marqueurs

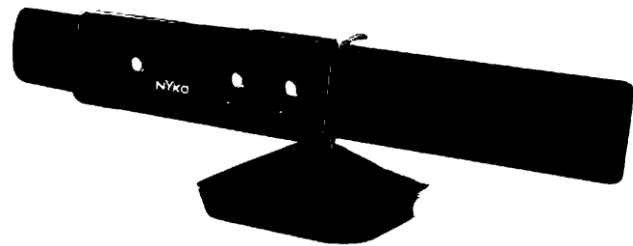
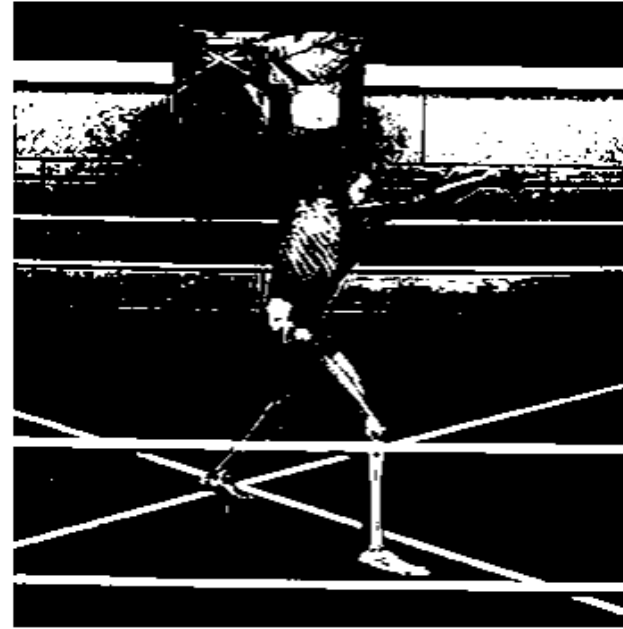
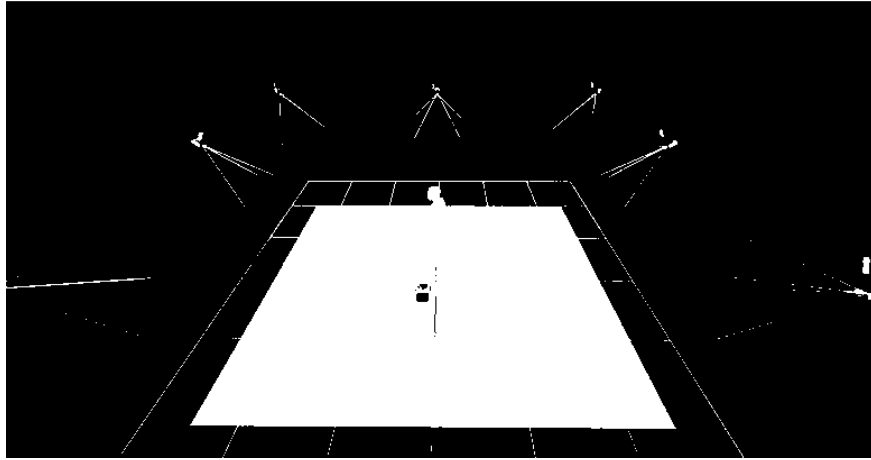


Imagerie



Caméras sans marqueur

MÉTHODES SANS MARQUEUR



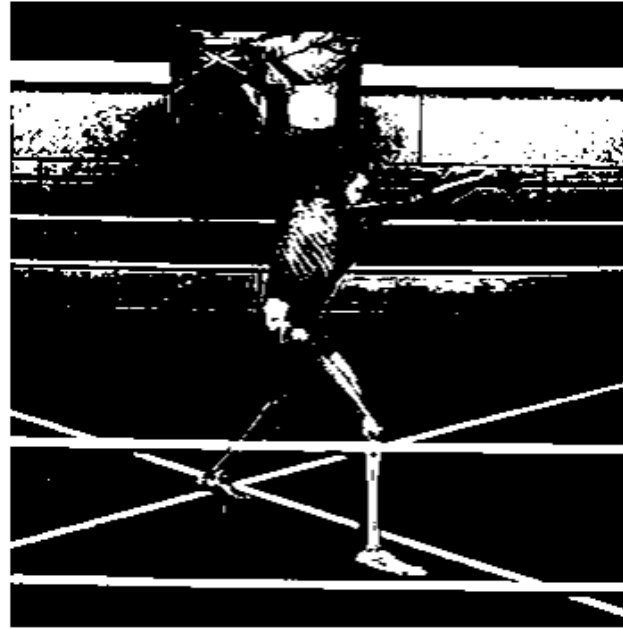
(Lahkar et al. 2022; Avni et al. 2023; Nakano et al. 2020)

MÉTHODES SANS MARQUEUR

Précision

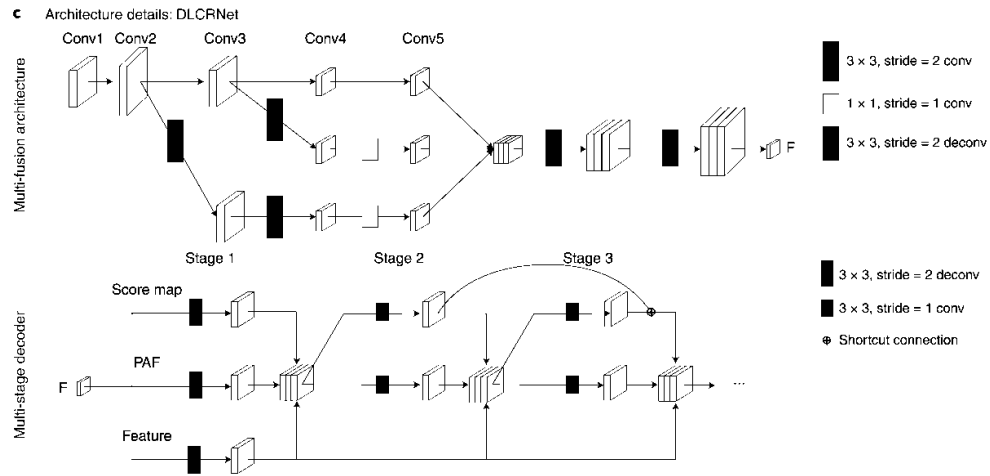
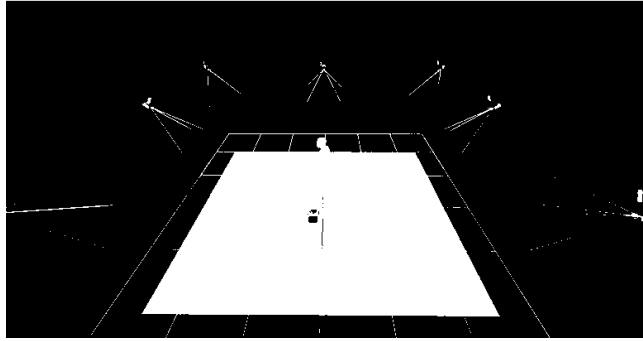


- Centre articulaire : 1 à 5 cm
- Huméro-thoracique : 3 à 40°



(Lahkar et al. 2022; Avni et al. 2023; Nakano et al. 2020)

MÉTHODES SANS MARQUEUR

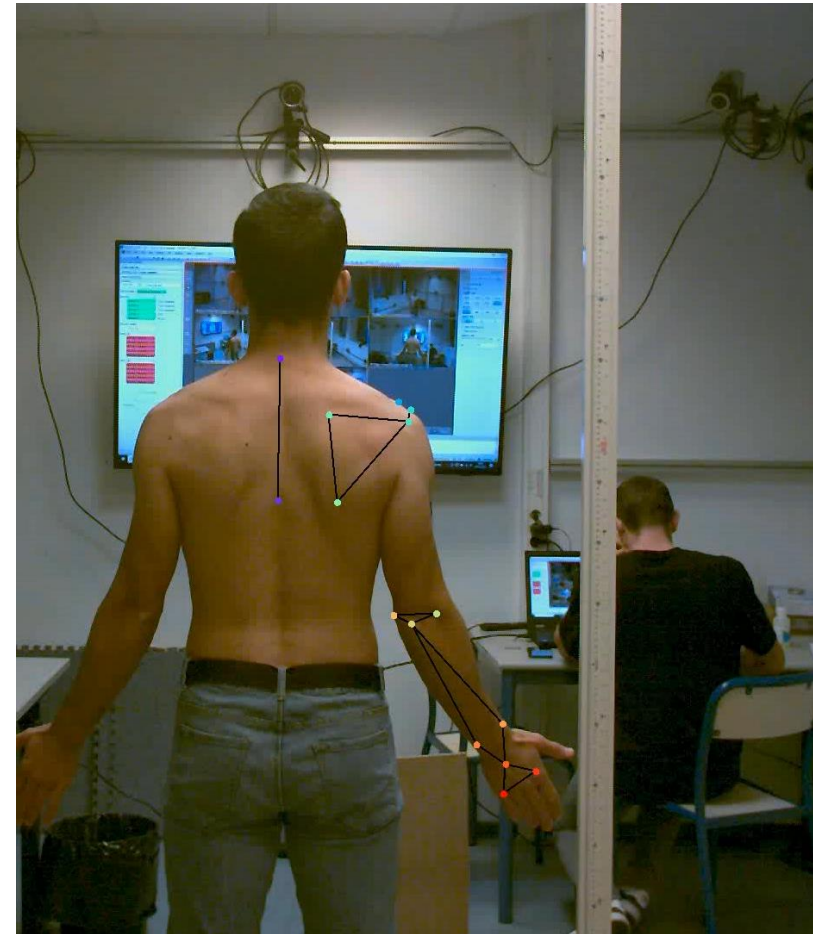


(Lauer et al. 2022)

Précision



- Repère anatomique : 0.7 à 2 cm



(Lefebvre et al. 2023)

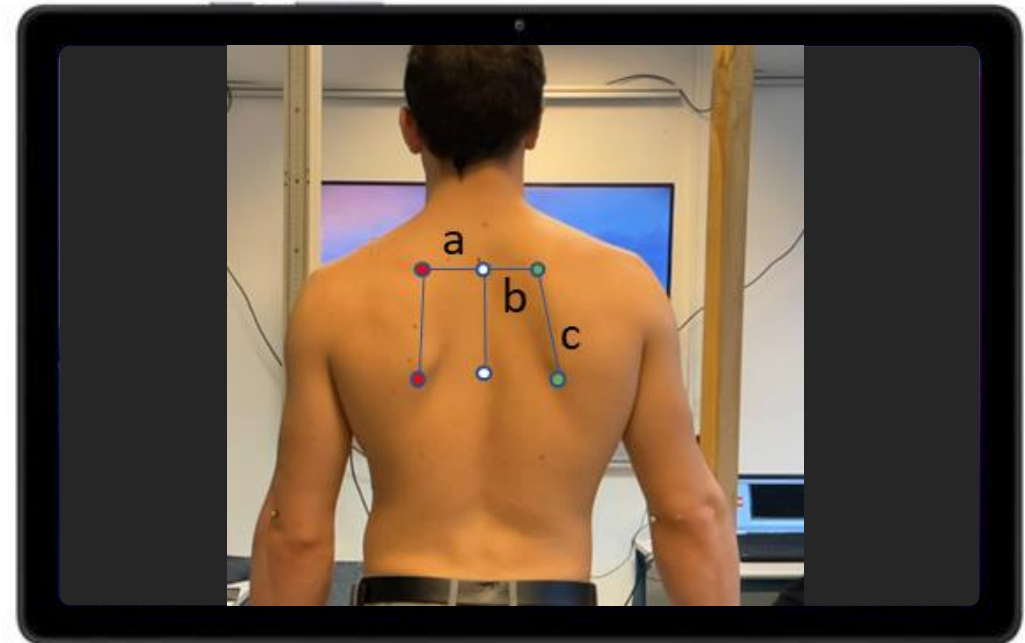
MÉTHODES SANS MARQUEUR



(Burkhart et al. 2003)

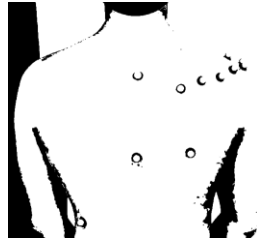


Quantifier la dyskinésie scapulaire avec une tablette



DU BIOMÉCANICIEN AU CLINICIEN

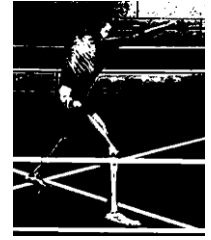
Mesure à un instant



Marqueurs



Imagerie



Sans marqueur

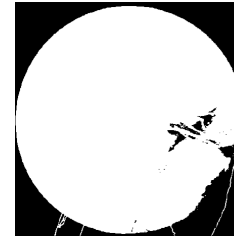


DU BIOMÉCANICIEN AU CLINICIEN

Comparaison de deux conditions



Marqueurs



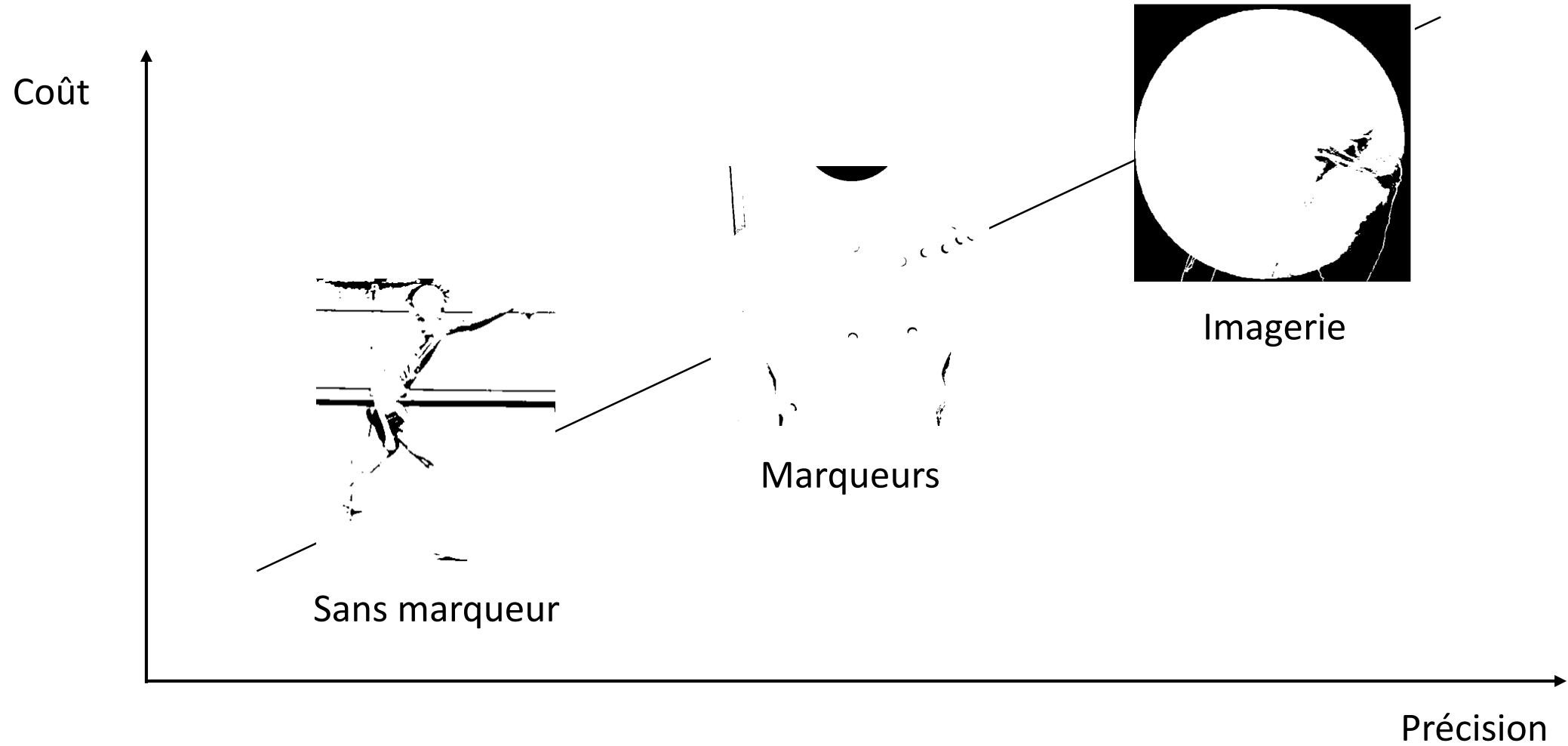
Imagerie



Sans marqueur



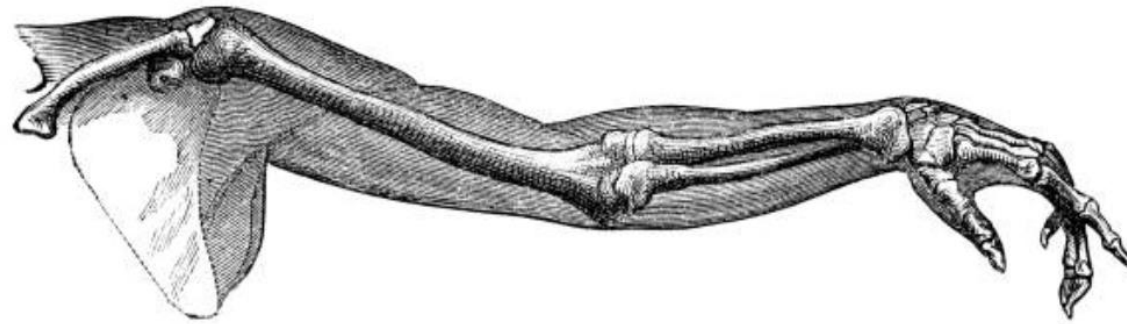
DU BIOMÉCANICIEN AU CLINICIEN





Biomécanique du complexe articulaire de l'épaule, quoi de neuf ?

Yoann BLACHE



22e Symposium romand d'ostéopathie et de physiothérapie