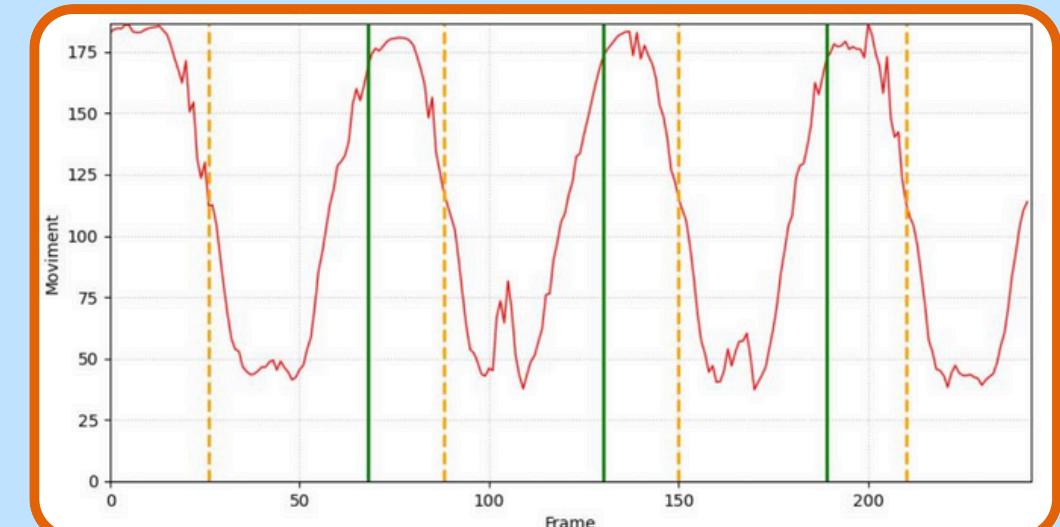
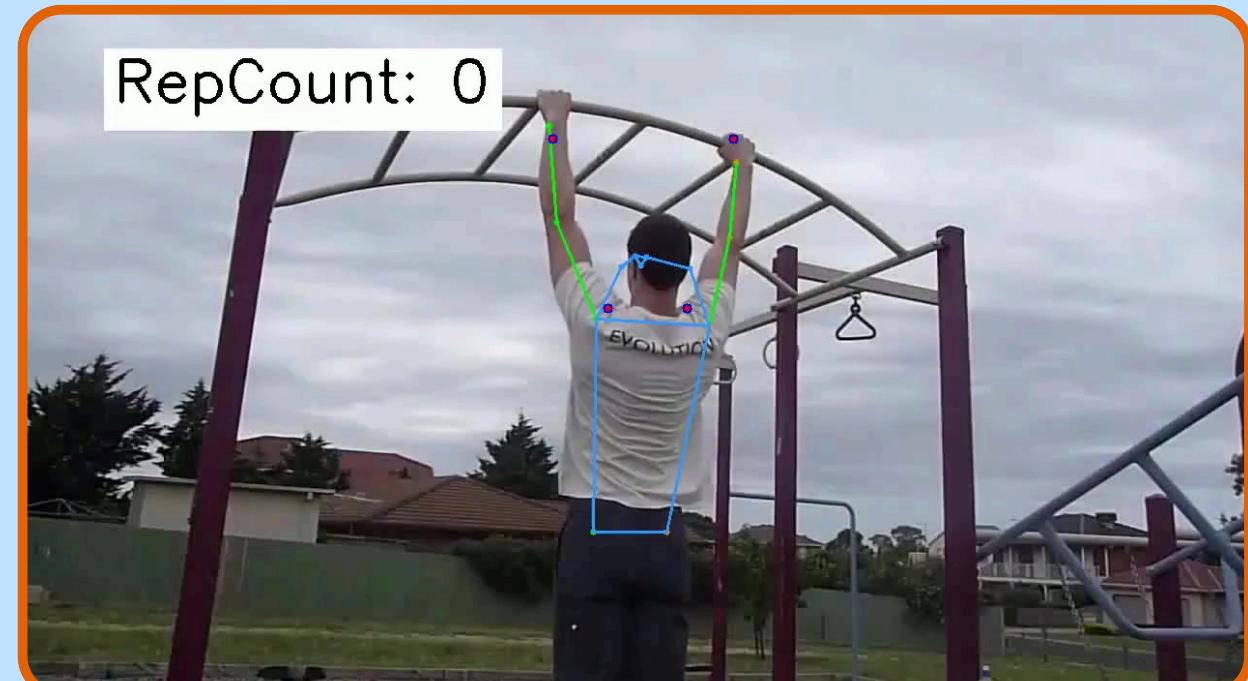


# Comptador automàtic de repeticions d'exercicis per Visió per Computador



Joan Lara Formoso  
2025/2026

Treball Final de Grau en Enginyeria Informàtica  
Menció en Tecnologies de la Informació

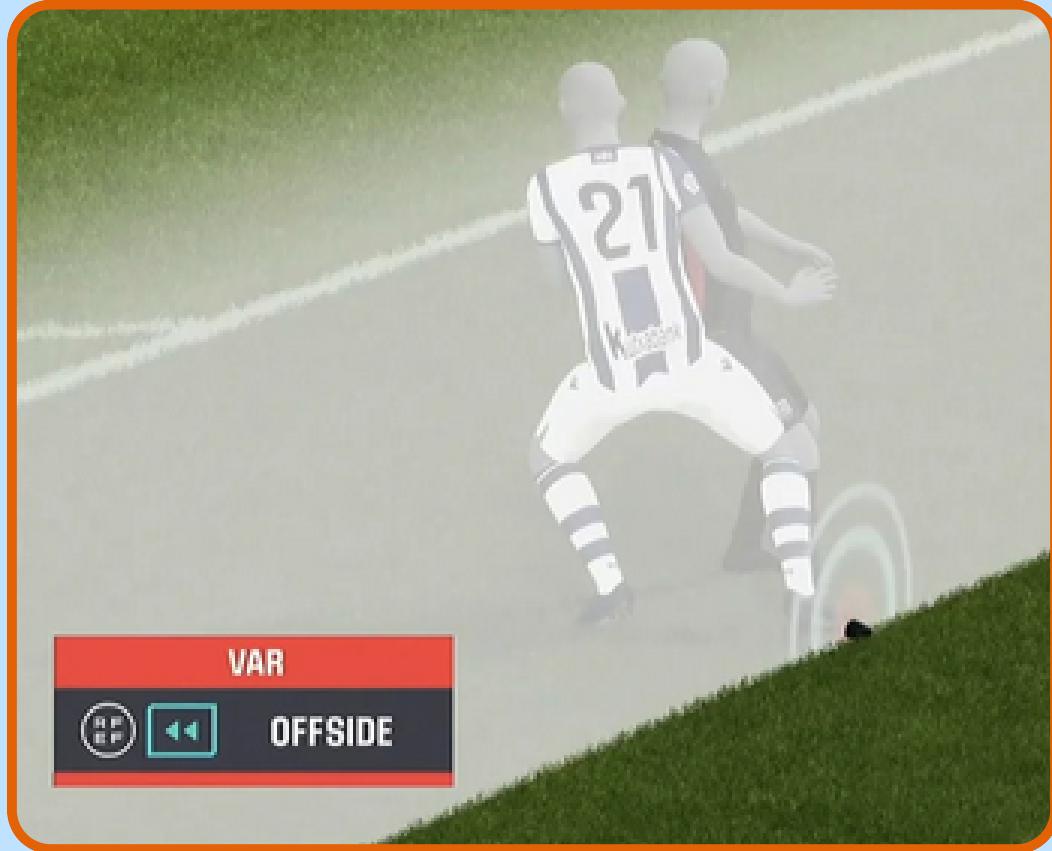


Departament: Enginyeria de la Informació i les Comunicacions  
Tutor: Coen Antens

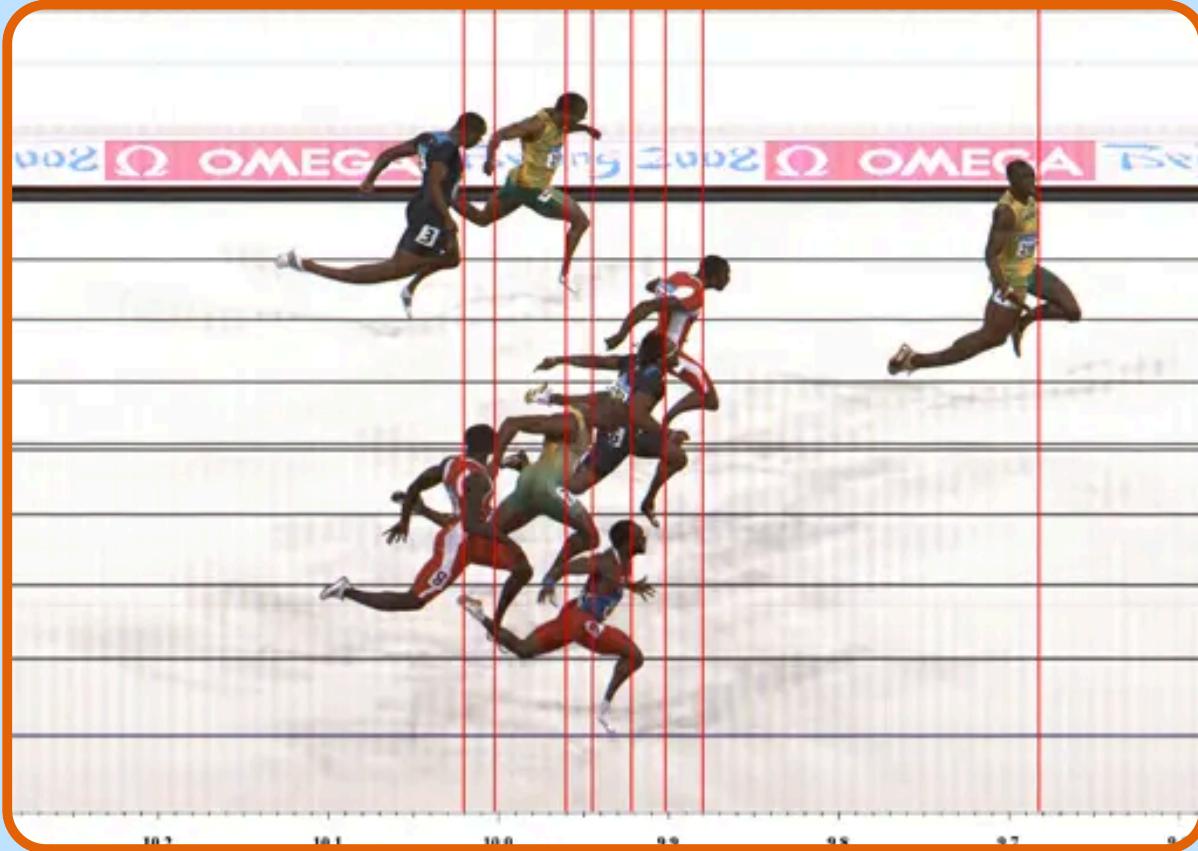
**UAB**  
Universitat Autònoma  
de Barcelona

 Escola  
d'Enginyeria  
UAB

# Introducció: Visió per Computador als esports



Futbol:  
VAR



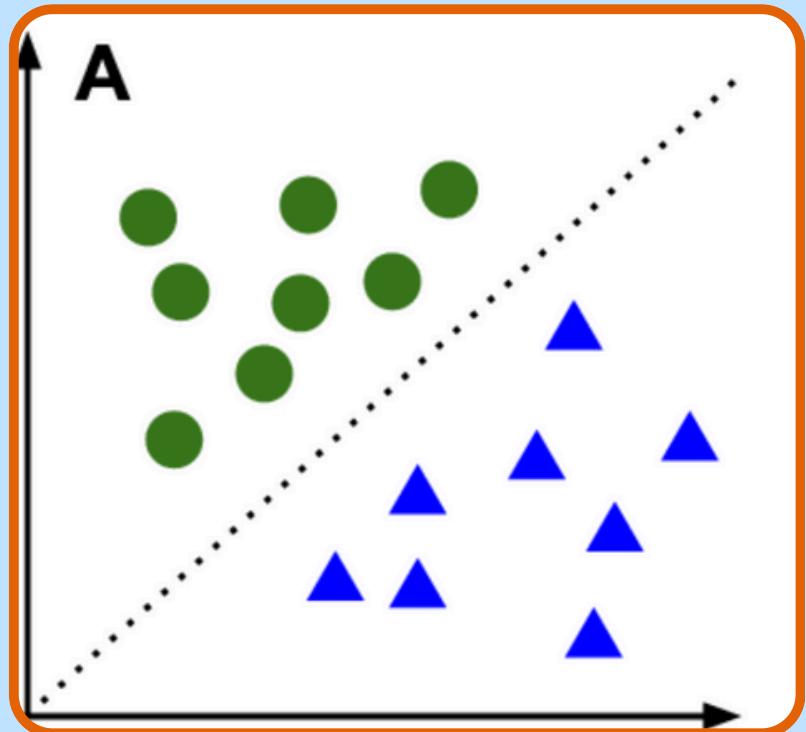
Atletisme:  
Photo-finish



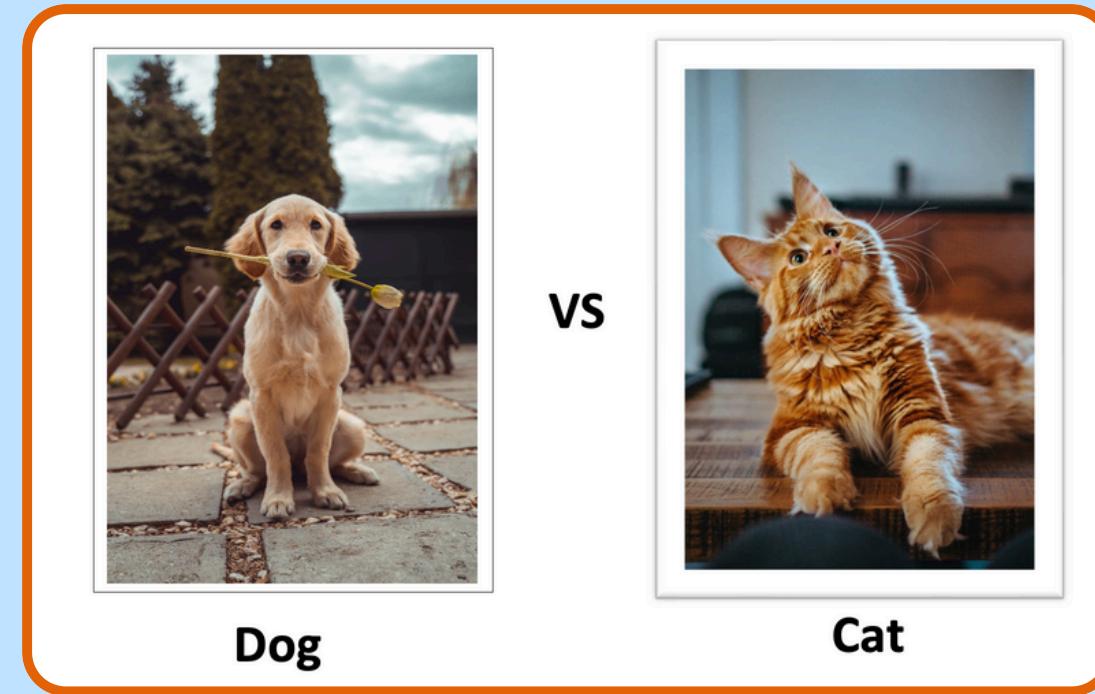
Tennis:  
Hawkeye

Mètodes amb cost elevat  
Requereixen coneixement tècnic

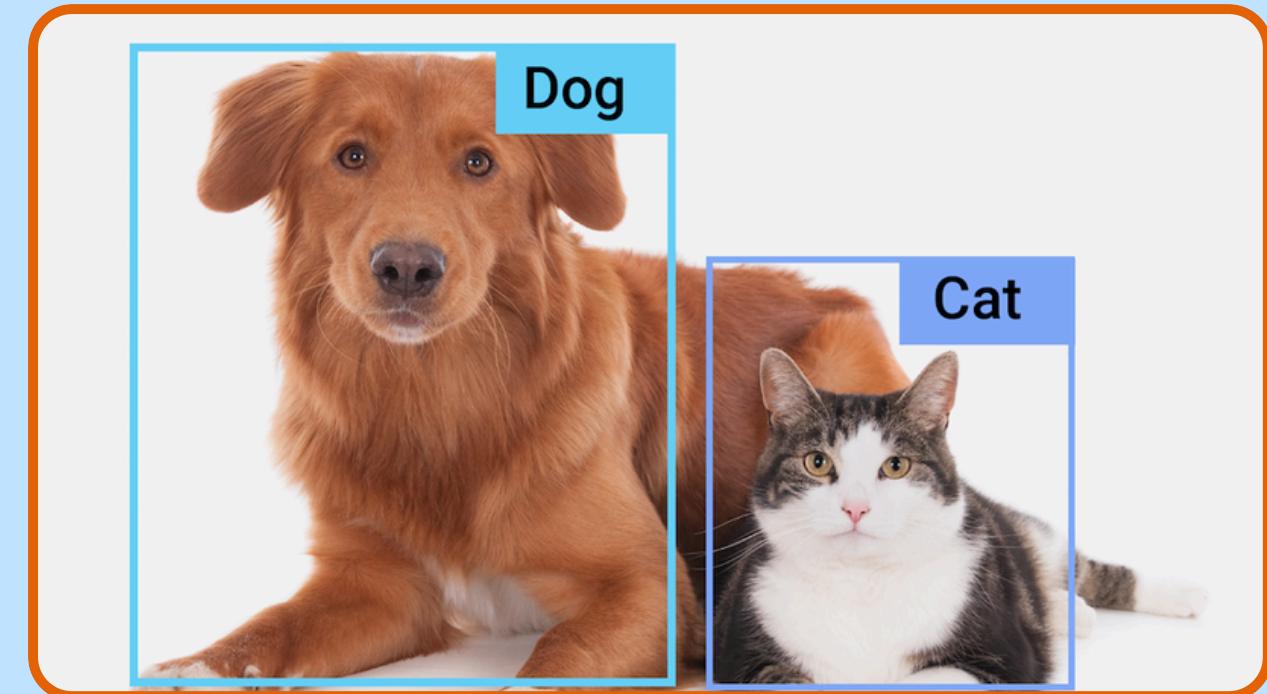
# Estat de l'Art: Visió per Computador



Classificador lineal

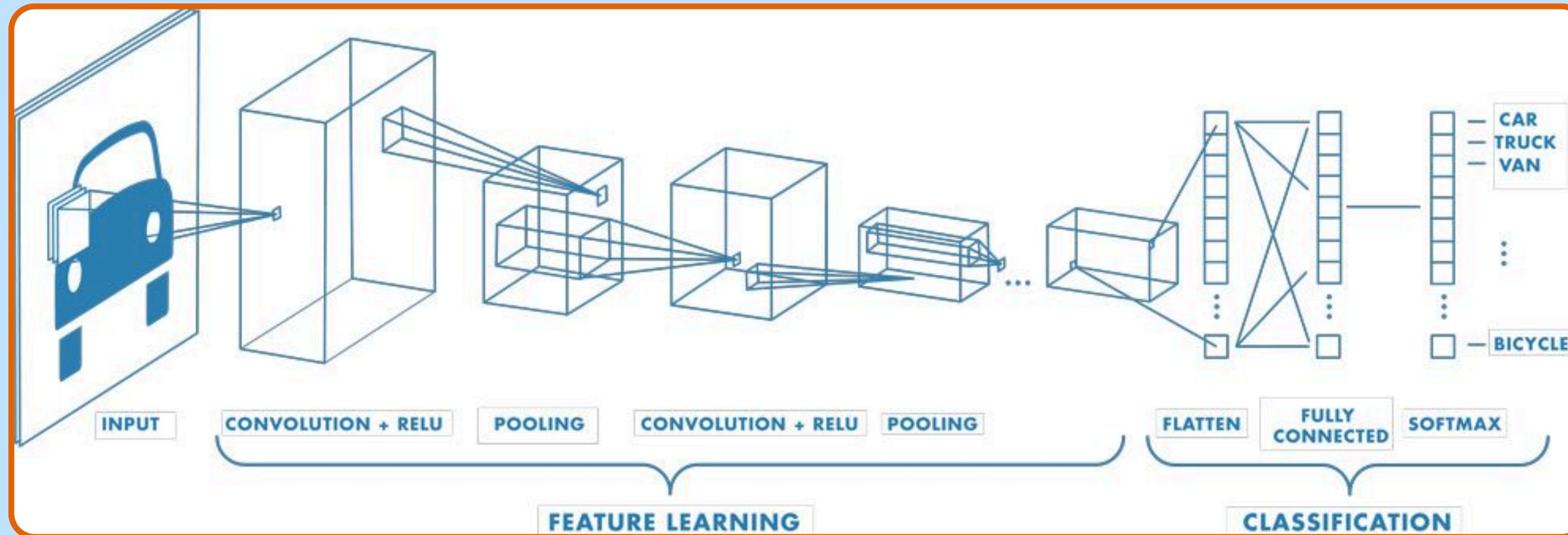


Classificador d'imatges



Detector a nivell  
de caixa

# Estat de l'Art: Visió per Computador



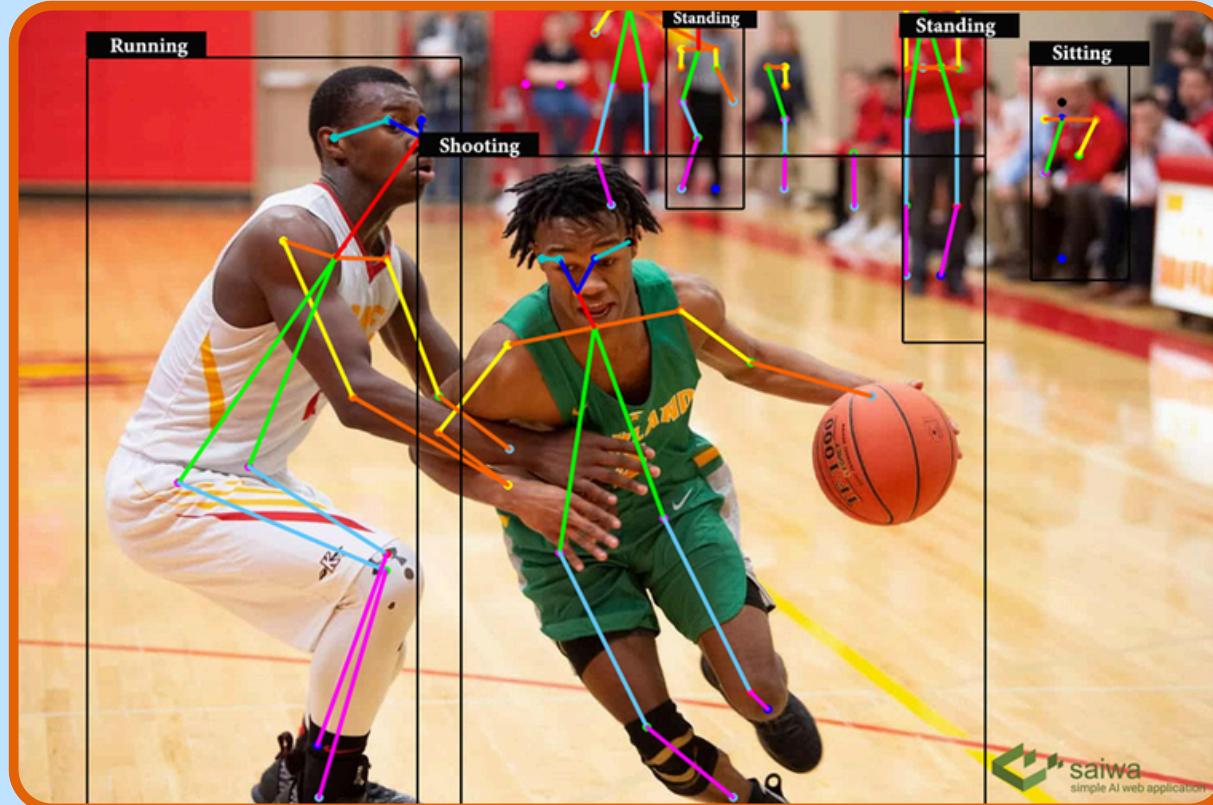
**Estructura CNN**  
**(Xarxa neuronal convolucional)**

# Estat de l'Art: Màscara i estimació de pose

Segmentació de màscara



Estimació de pose

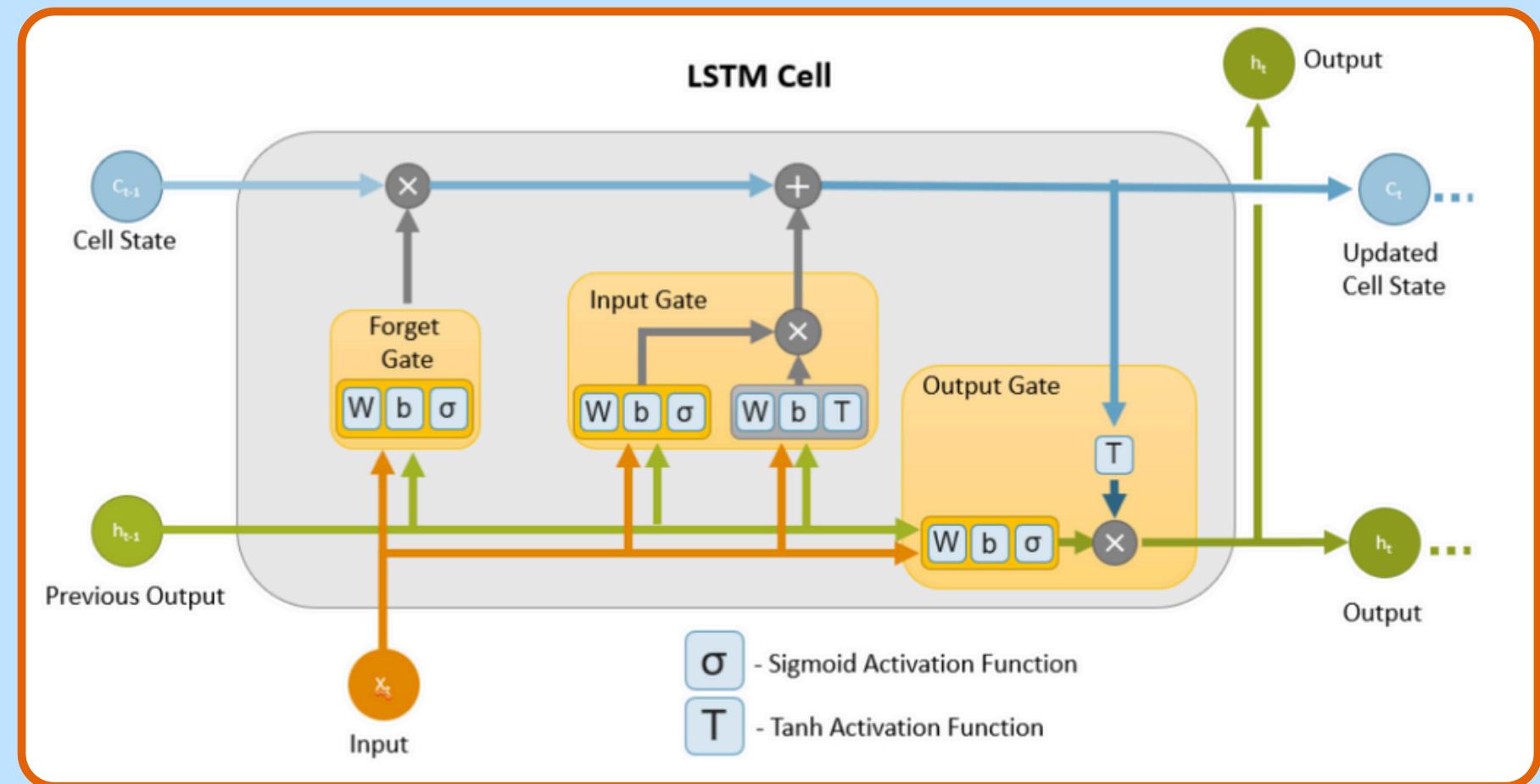
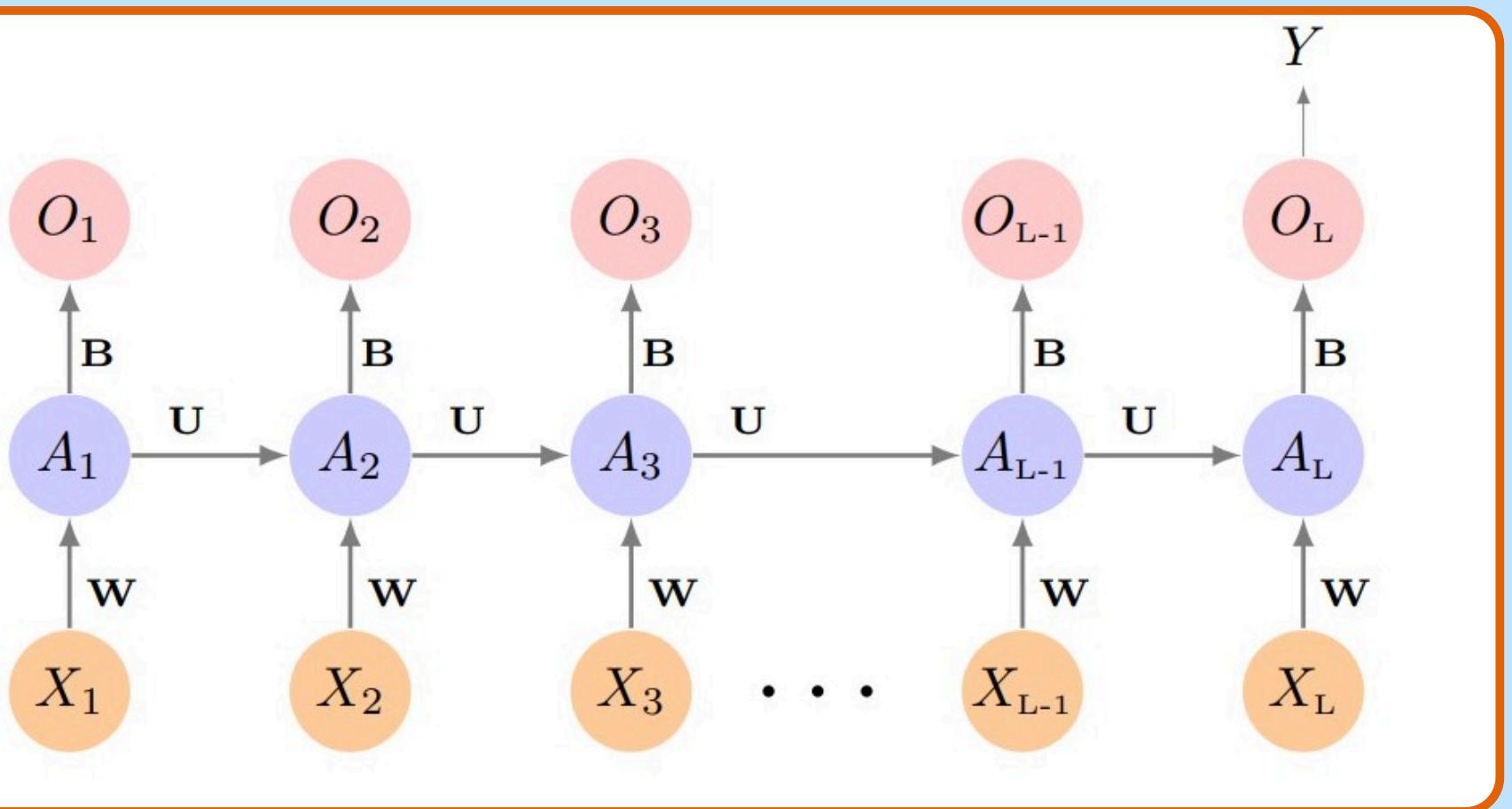


ultralytics  
YOLO11

sapiens

ultralytics  
YOLO11

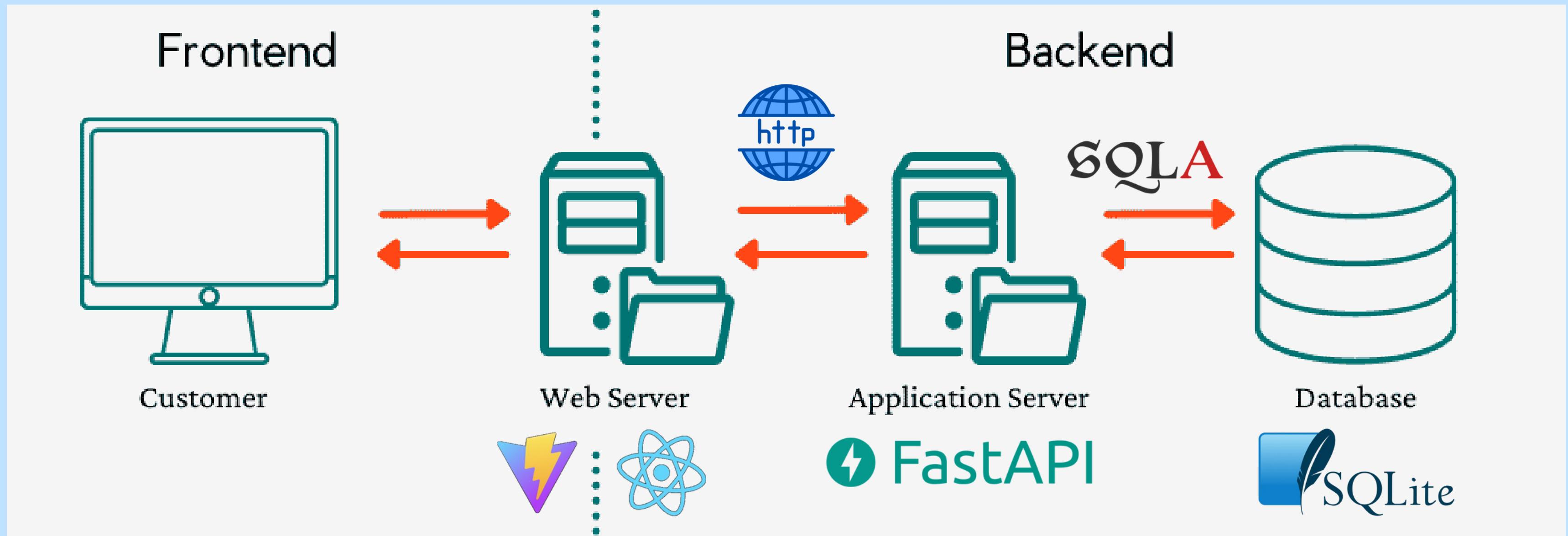
# Estat de l'Art: RNN



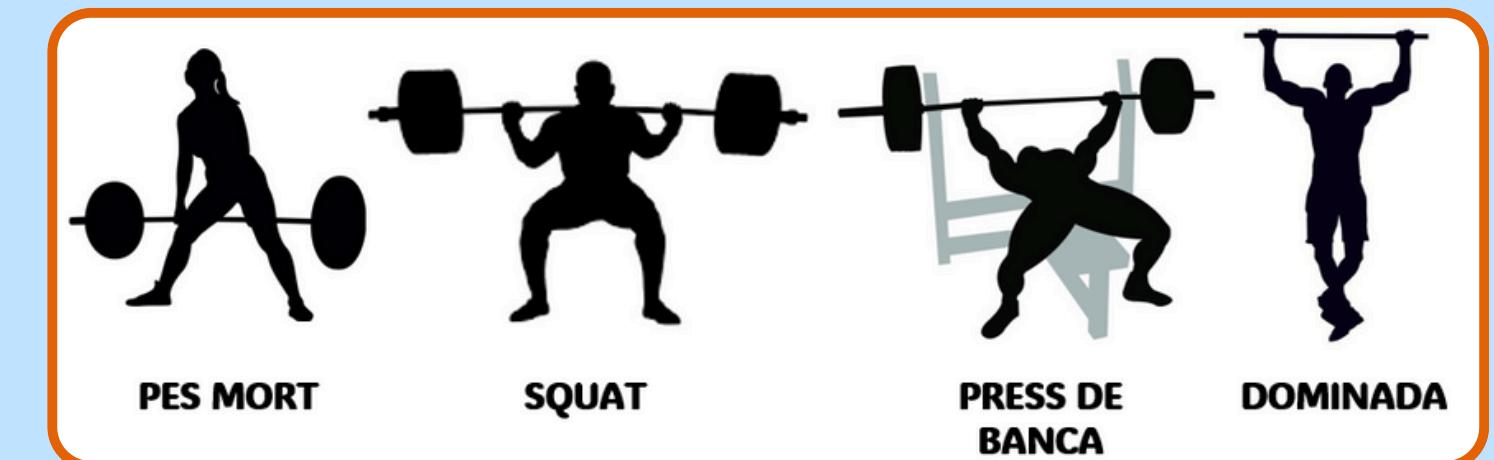
Estructura RNN

LSTM

# Estat de l'Art: Entorn web



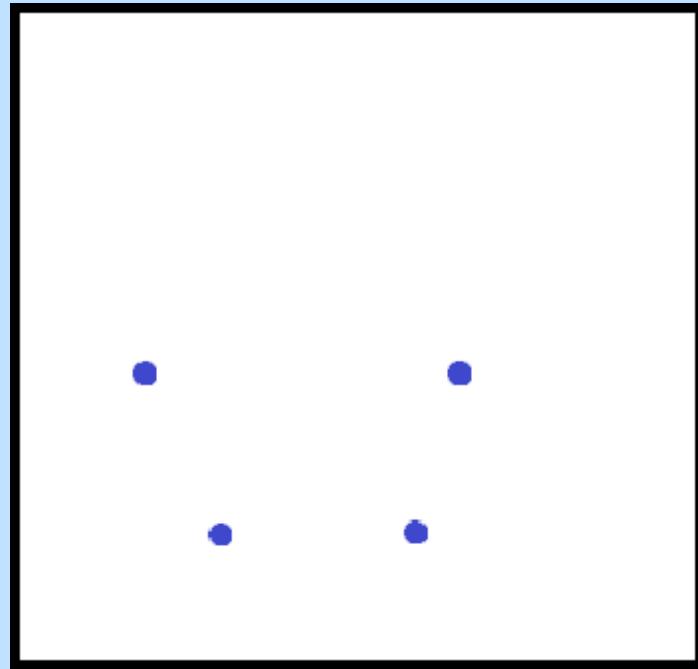
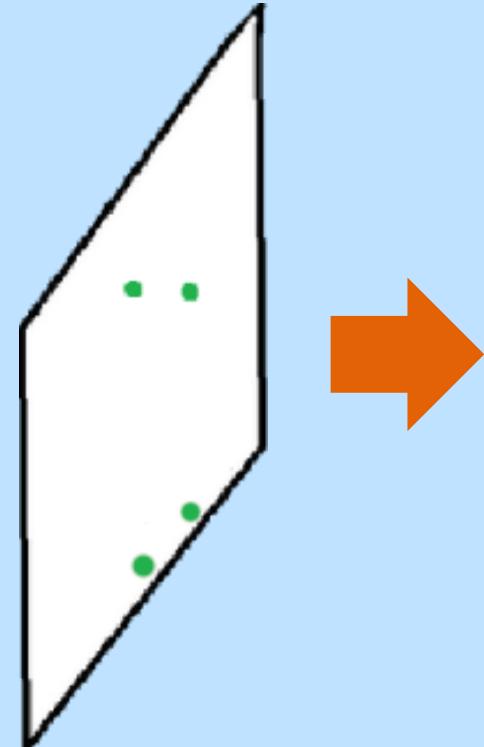
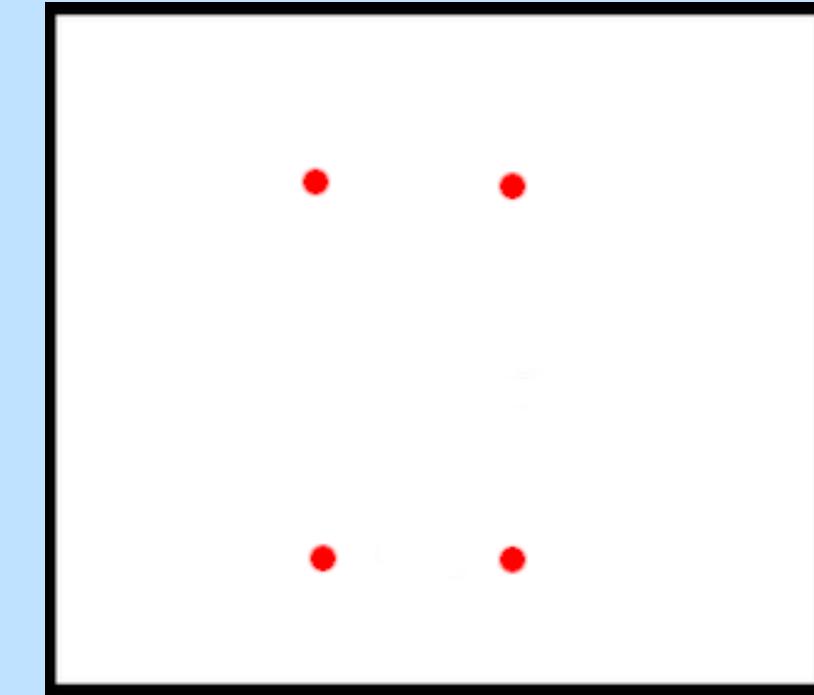
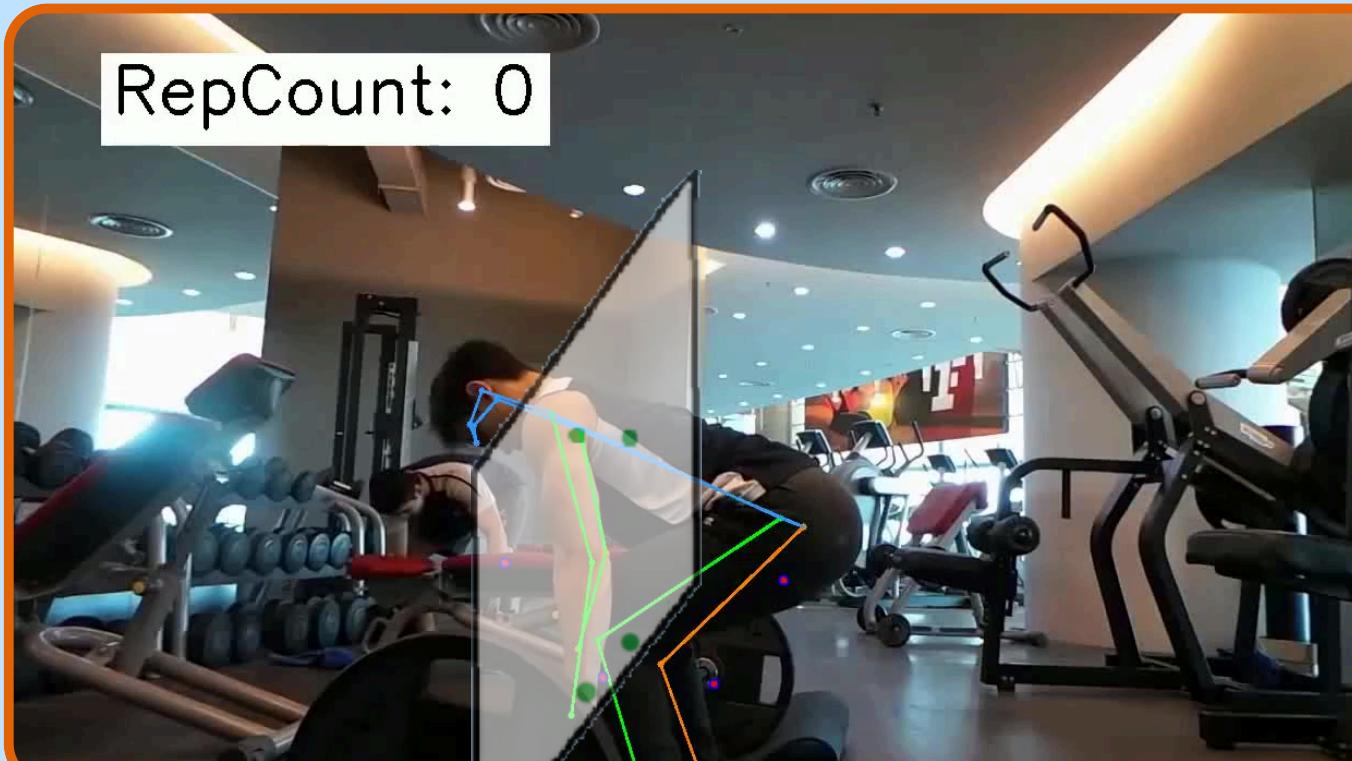
# Desenvolupament: Predictor d'exercici



Input Video

Predictió d'exercici

# Desenvolupament: Estimació de pose i homografia

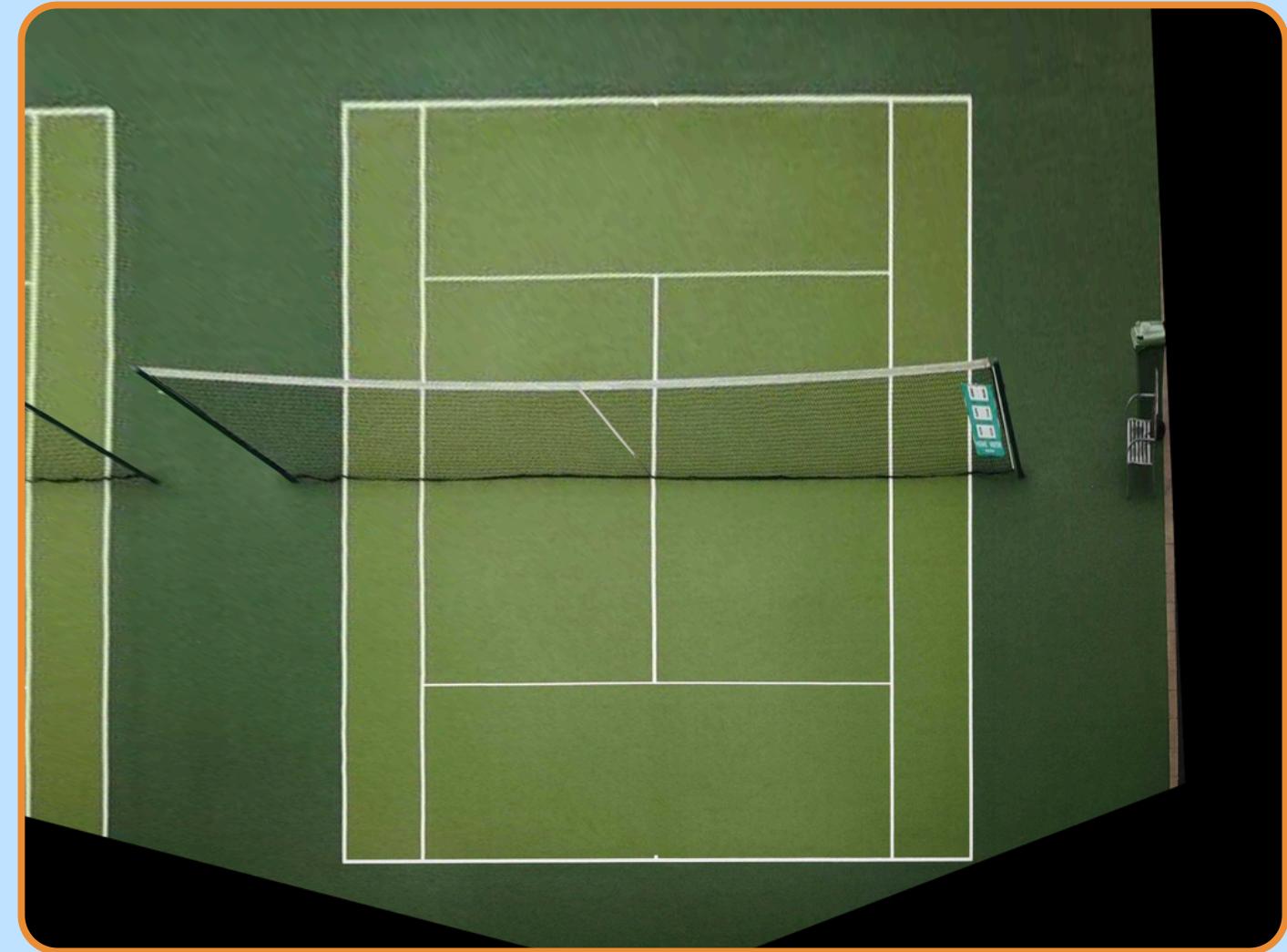
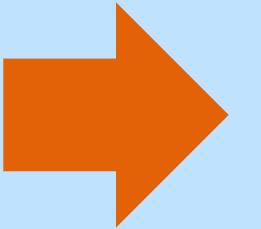


=

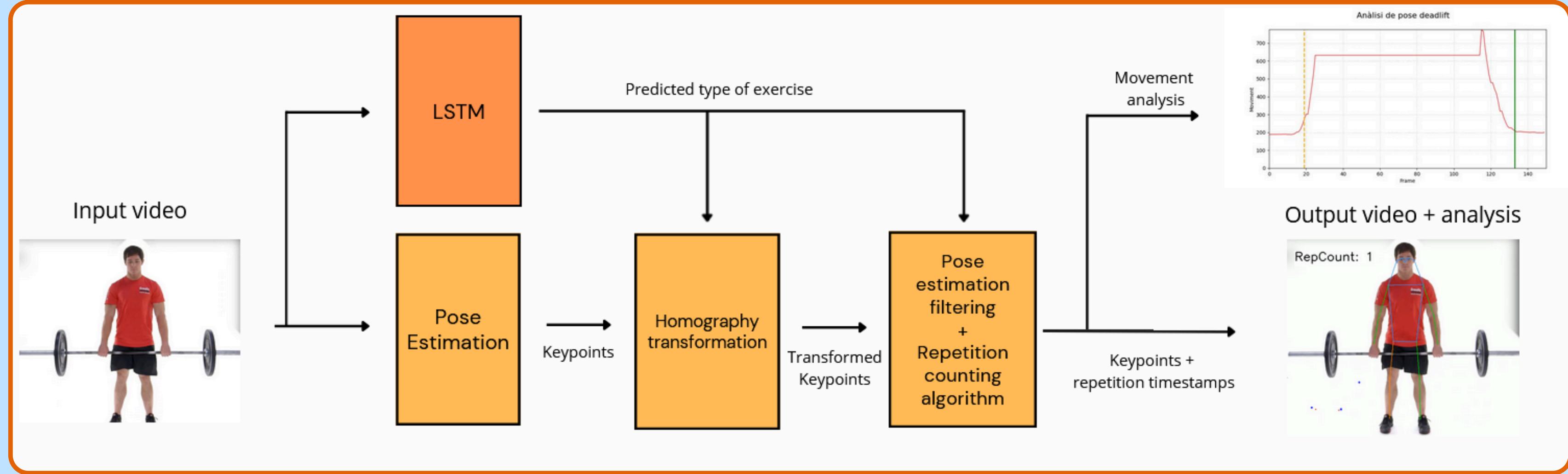
$$\begin{pmatrix} h_0 & h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 & h_5 \\ h_6 & h_7 & h_8 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} \simeq \begin{pmatrix} h_0 & h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 & h_5 \\ h_6 & h_7 & h_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

# Desenvolupament: Homografia



# Desenvolupament: Pipeline complet

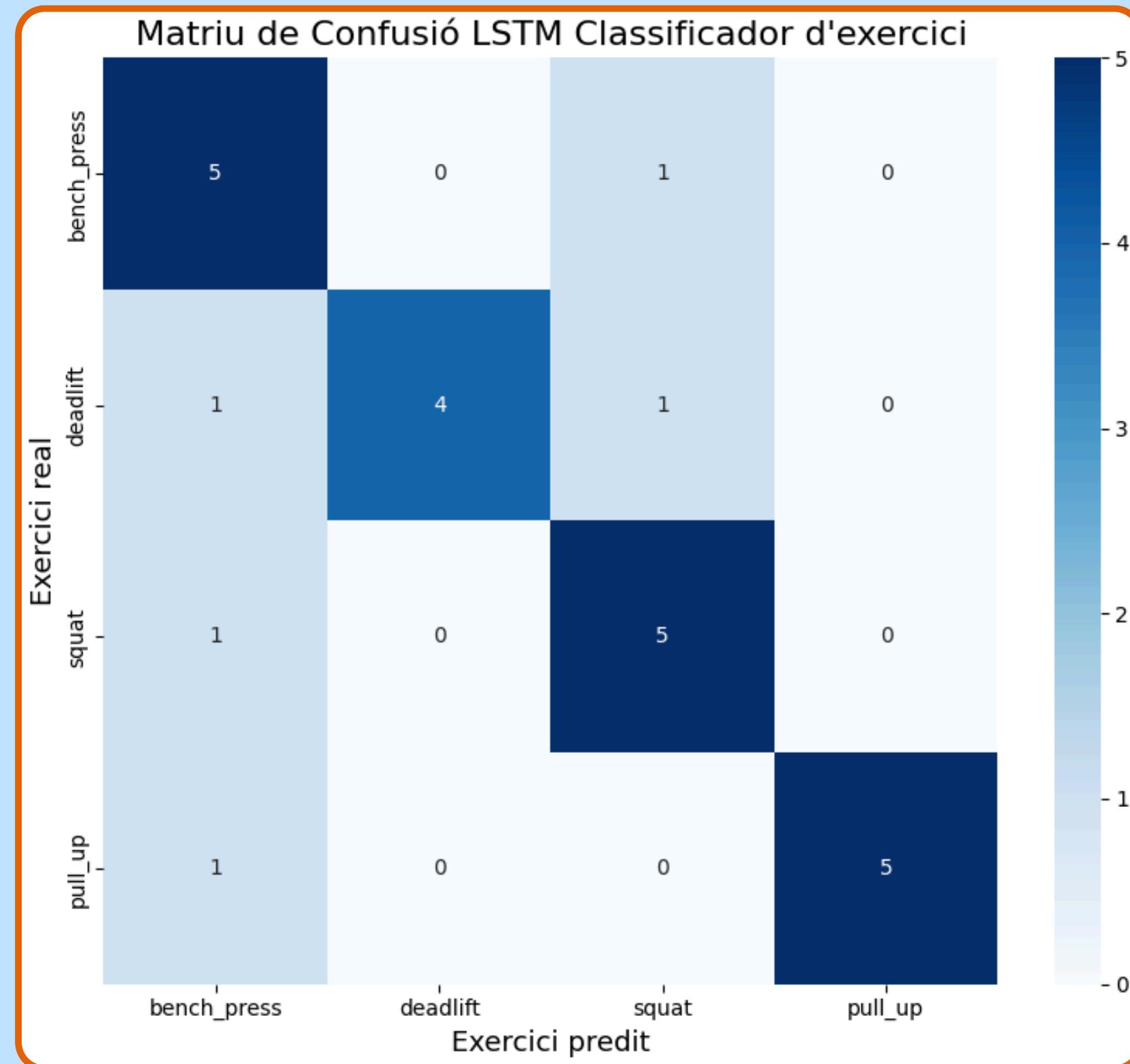


**Pipeline complet**

**Velocitat de processament:** S'obté una velocitat mitjana de **32.7** frames per segon (FPS) i **19.5** FPS tenint en compte la generació del vídeo de sortida.

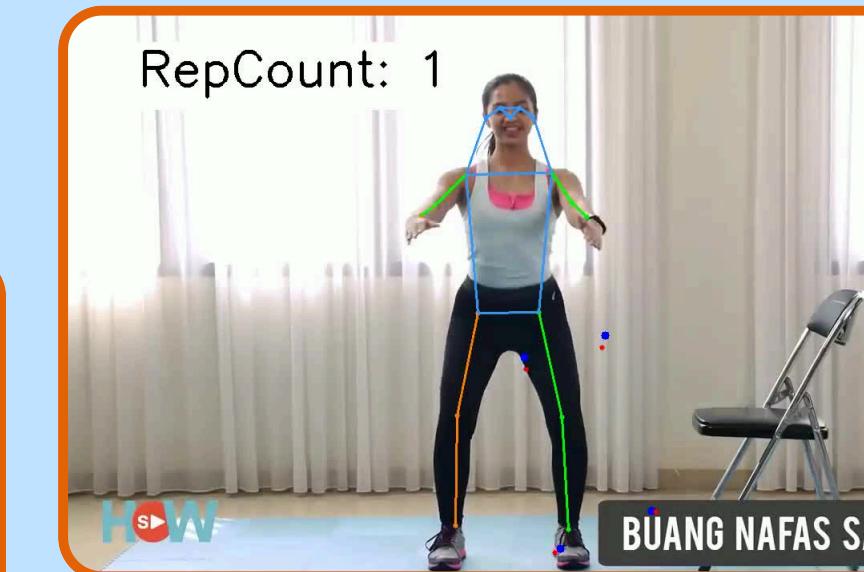
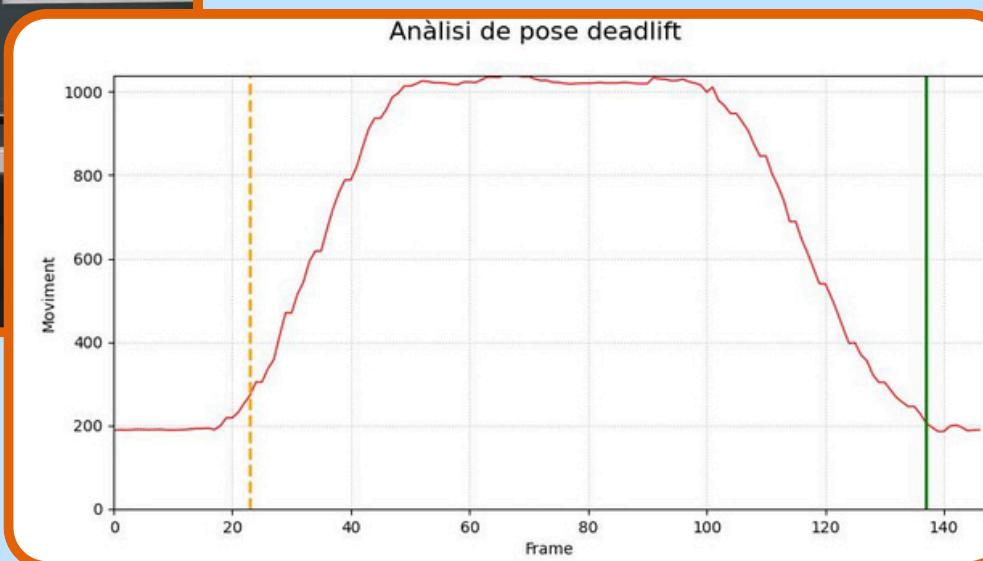
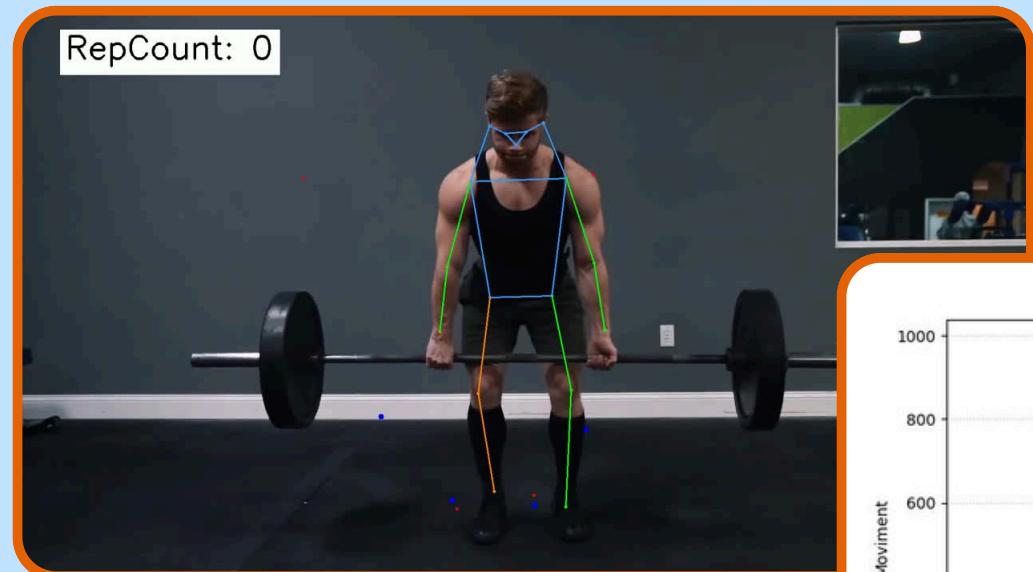
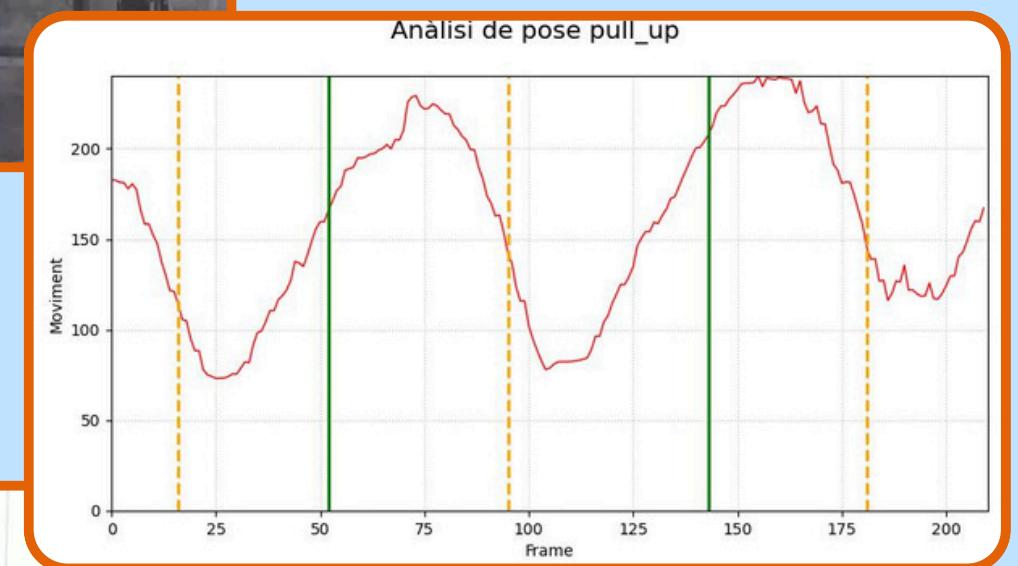
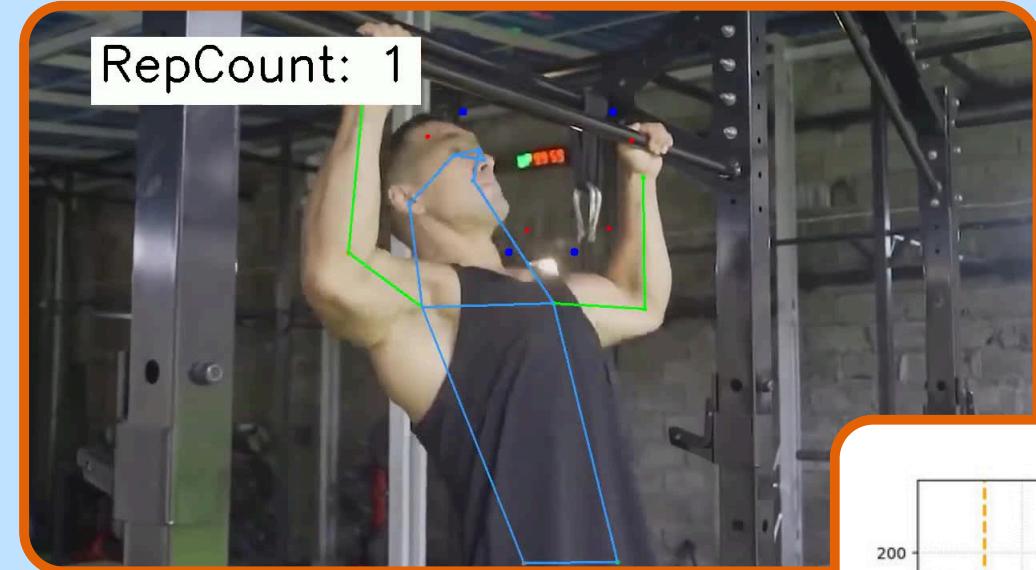
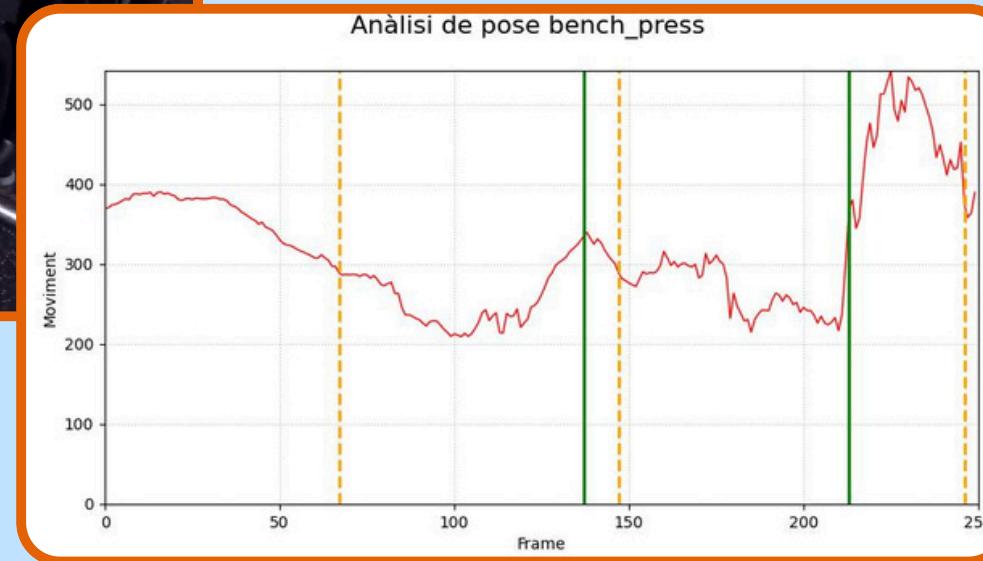
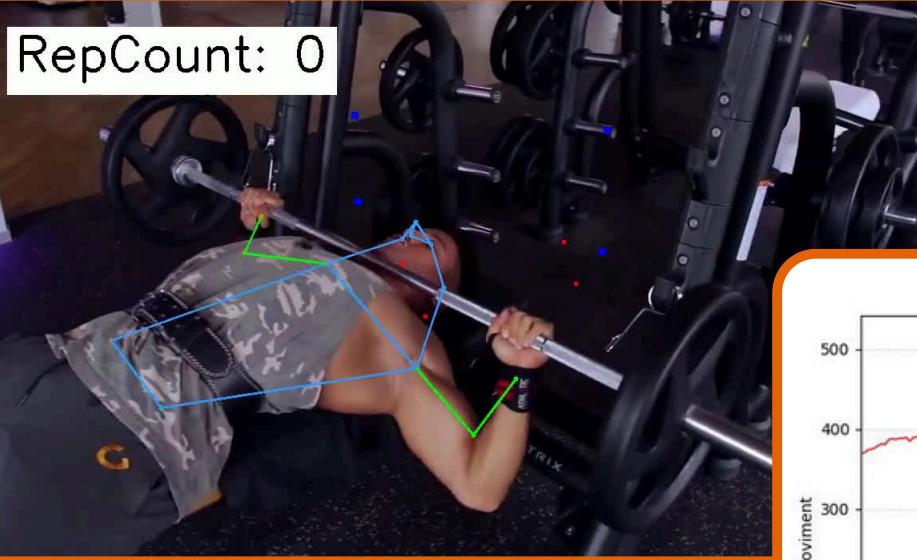


# Resultats: Predicció d'exercici

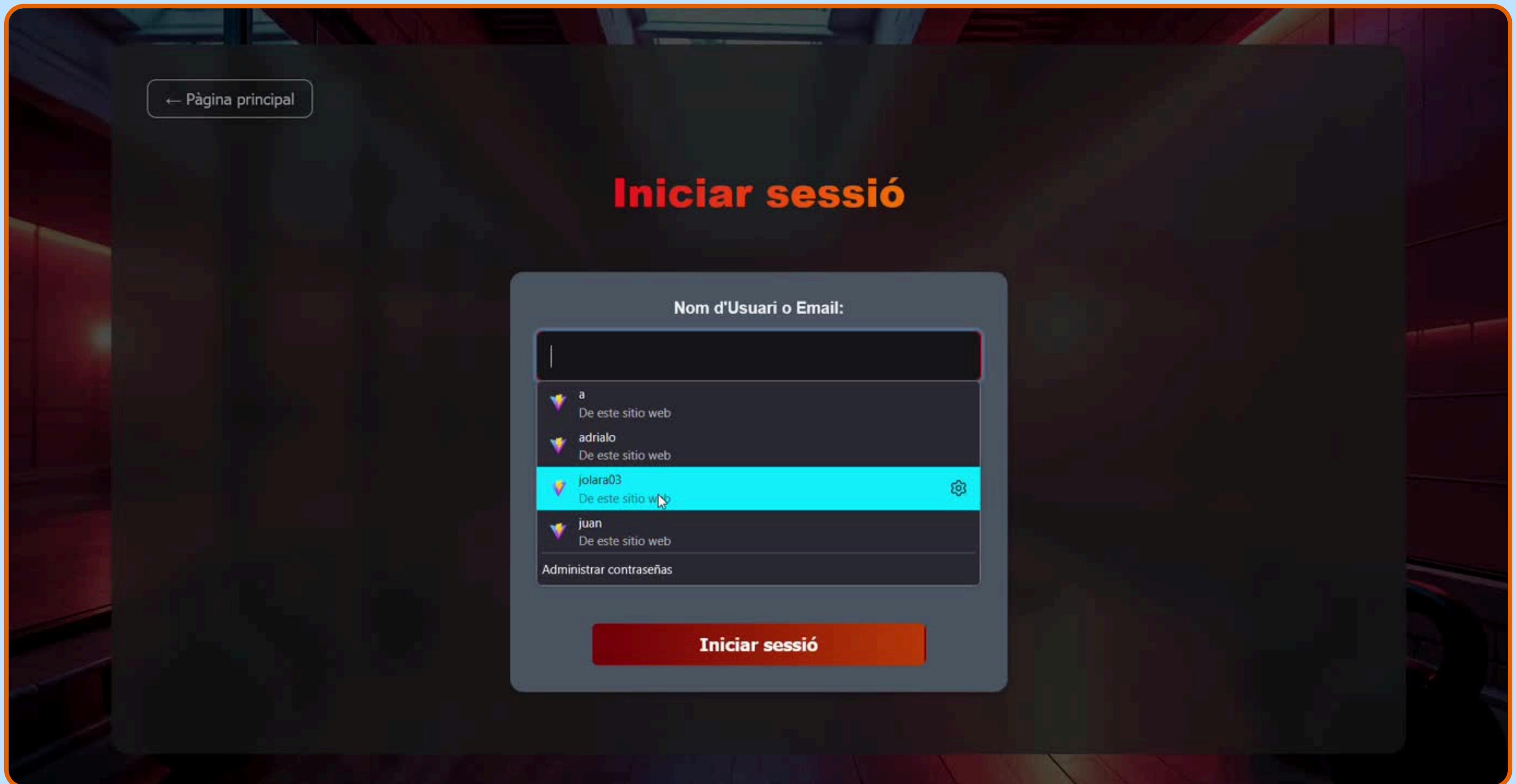


**Possibles confusions:**  
**Estimació de profunditat incorrecta**

# Resultats: Anàlisi de moviment



# Exemple ús aplicació



# Historial aplicació web

← Pàgina principal

## Historial de jolara03

 RepCount: 0 | 31/1/2026, 11:14:25 | **deadlift**  
Repeticions: 1

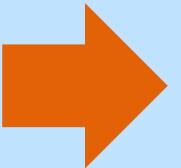
 RepCount: 0 | 31/1/2026, 11:14:57 | **pull\_up**  
Repeticions: 3

# Conclusions: Característiques principals

Anàlisi amb 1 sola càmara, des d'una sola perspectiva sense necessitat d'equip professional



Ús web sense necessitat de instal·lació, per a qualsevol tipus d'usuari

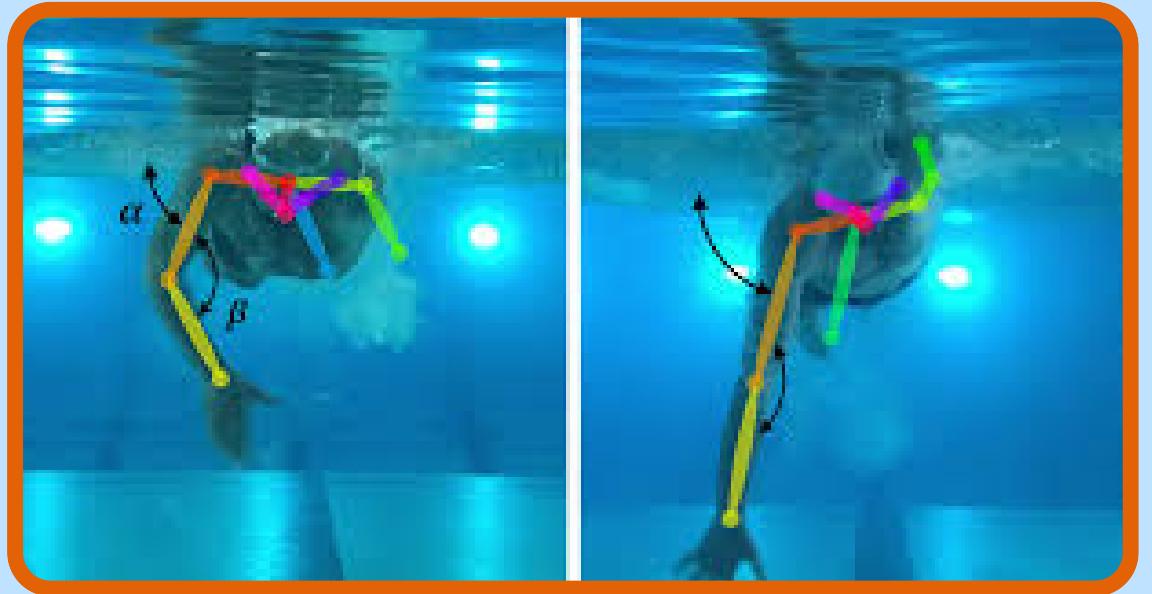


Cost baix i ús ràpid

Robustesa cap a diferents angles de càmera eliminan la necessitat de configuració i posicionament



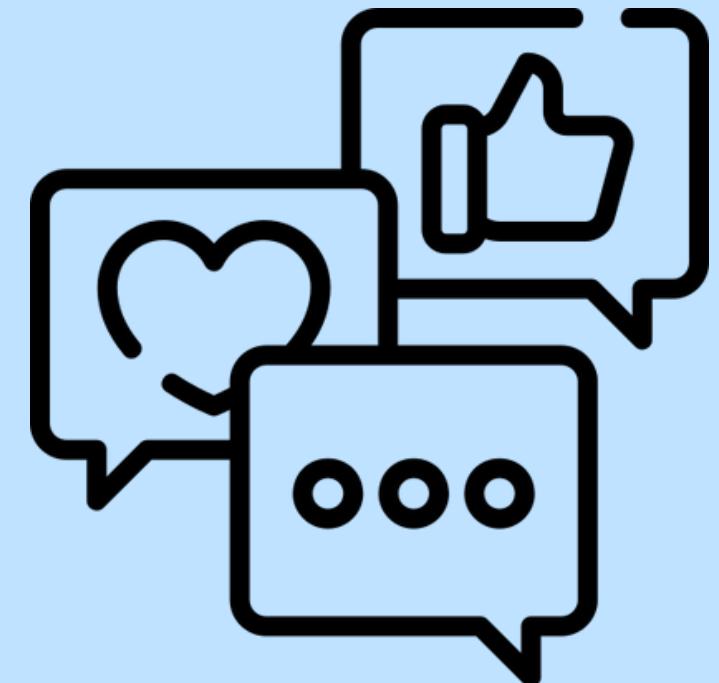
# Possibles aplicacions



Adaptació a més esports/exercicis

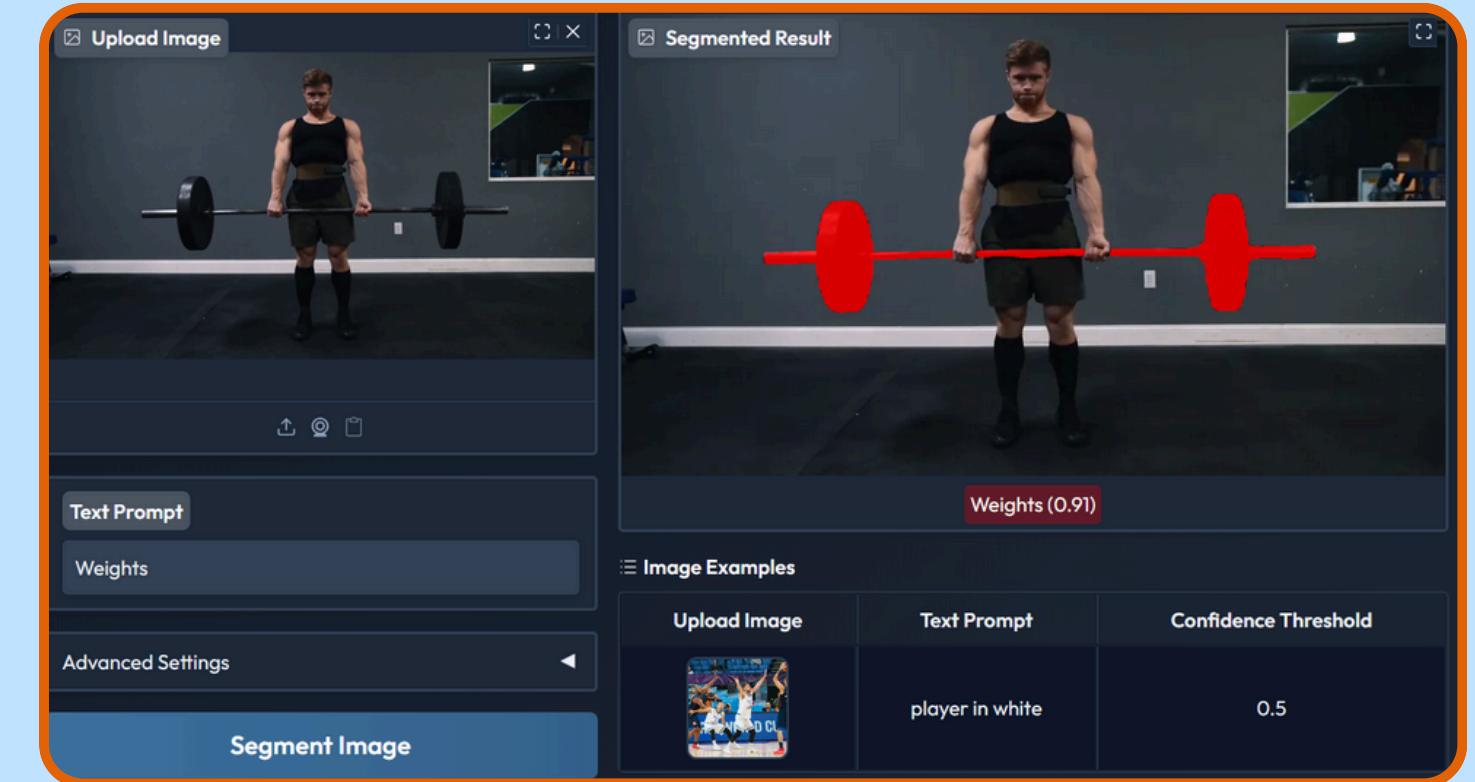
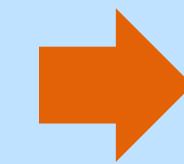


Arbitratge per competicions petites



Xarxes socials

# Treball futur

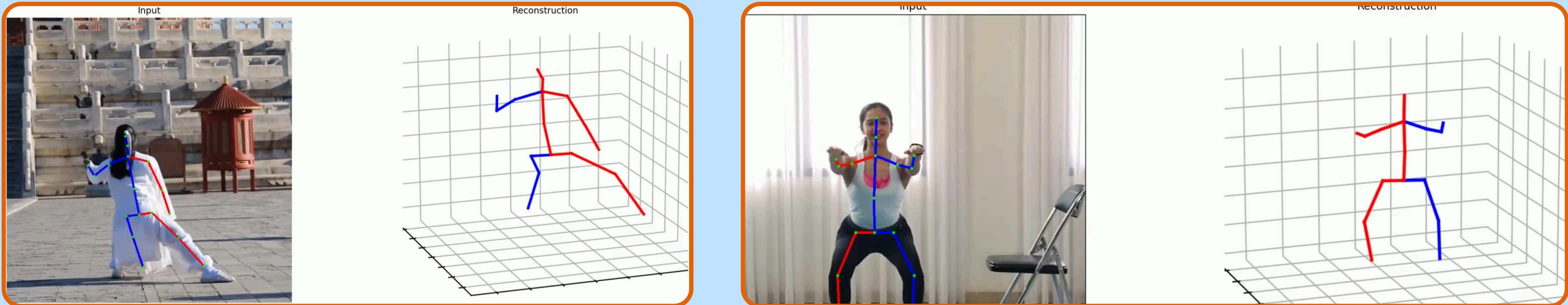


Setembre 2024



Desembre 2025

# Treball futur



Estimació de pose 3D