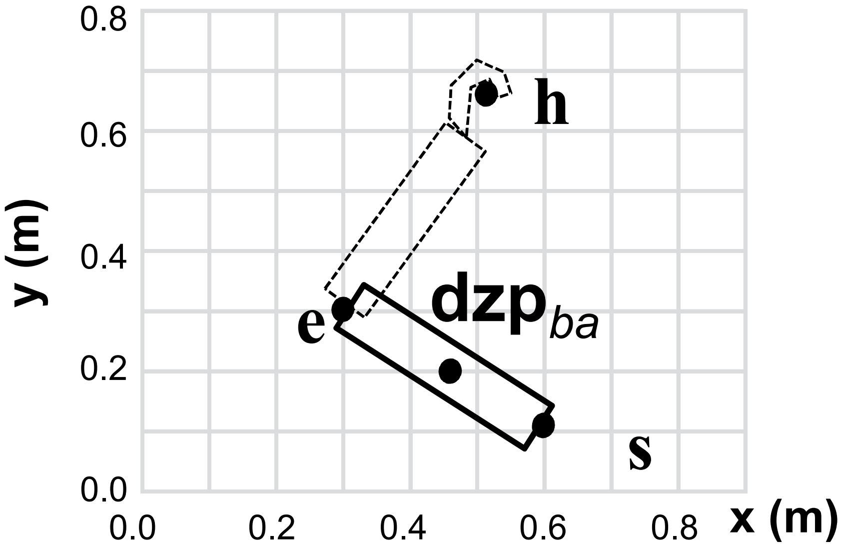
Vraag 1

hertentamen 2015-2016



Gegevens:
I_{ba} = 0.3 kg·m^2
m_{ba} = 6 kg
e = [0.3 0.3] m
s = [0.6 0.1] m
dzp$_{ba}$ = [0.45 0.2] m

Gegevens:
g= [0 -10] m/s^2
F$_{e,oa}$ = [30 -600] N
M$_{e,oa}$ = -100 Nm
a$_s$ = [1 3] m/s^2
α_{ba} = 4 rad / s^2
ω_{ba} = 3 rad / s
v$_s$ = [0.5 2] m/s
v$_e$= [-0.1 1.1] m/s

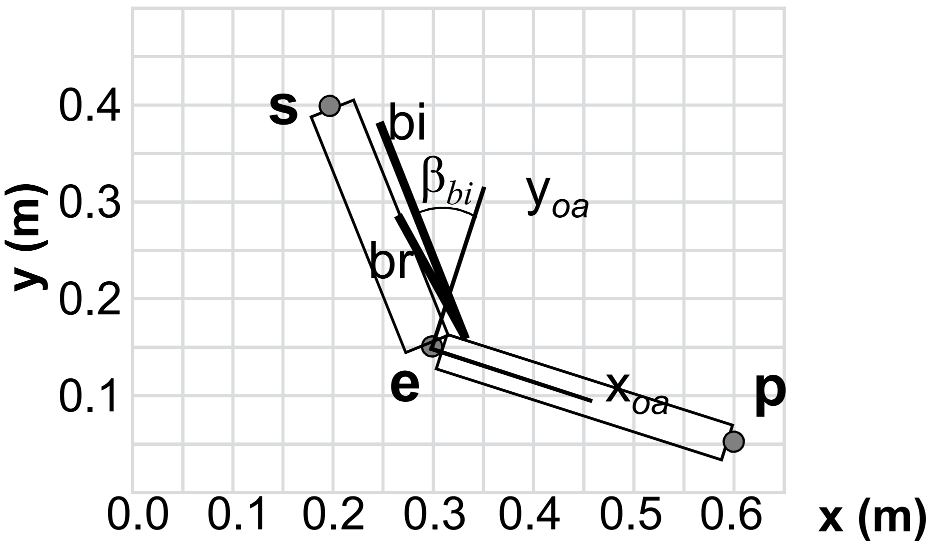
Dit is vanaf de linkerzijkant gezien de linkerarm van een turner die zich optrekt aan een rekstok. De turner oefent bij het punt **h** een met een krachtopnemer gemeten kracht uit op de rekstok. Met behulp van inverse dynamica zijn de netto reactiekracht en het netto moment in de elleboog **op de onderarm** al berekend. Verder is gegeven, de massa (m_{ba}) en de hoeksnelheid (ω_{ba}) en hoekversnelling (α_{ba}) van de bovenarm, de versnelling van de **schouder (!)** (**a**$_s$), de snelheid van de schouder (**v**$_s$) en de elleboog (**v**$_e$) en het traagheidsmoment van de bovenarm **ten opzichte van het zwaartepunt** (I_{ba}). Gebruik, evenals in de bovenstaande gegevens de volgende afkortingen: e=elleboog; ba=bovenarm; s=schouder

a. (10 p) Stel een momentenvergelijking op voor de **bovenarm** als free body volgens vergelijking 2: moment rond de schouder met *I* rond het zwaartepunt. Gebruik deze vergelijking om het moment uit te rekenen dat de schouder spieren op de arm moeten uitoefenen.

b. (2p) Leg aan de hand van het teken uit waarom het berekende moment rond de schouder anteflecterend of retroflecterend is.

c. (3p) Bereken het vermogen dat door netto krachten en momenten op de bovenarm geleverd wordt.

Vraag 2



Gegevens:
s=[0.2 0.4] m
e=[0.3 0.15] m
p=[0.6 0.05] m

Gegevens:
$\mathbf{M}_{e,oa}$ = 50 Nm
$\mathbf{F}_{e,oa}$= [20 80] N
$\mathbf{r}_{ins,bi,OA}$ = [0.04 0.03] m
$\mathbf{r}_{ins,br,OA}$ = [0.03 0.03] m
$\mathbf{r}_{or,br,GLOB}$ = [0.27 0.28] m
β_{bi} = 30°

Dit is vanaf de rechter zijkant gezien de rechter arm van een badmintonspeler die een onderhandse service slaat. De kracht en het moment van de hand op het racket is gemeten en met behulp hiervan is het netto moment ($\mathbf{M}_{e,oa}$) in de elleboog op de onderarm uitgerekend. Het lokale assenstelsel van de onderarm (OA) heeft een x-as die loopt van de elleboog in de richting van de pols. Het nulpunt is de elleboog. Er zijn twee spieren: een bi-articulaire biceps (*bi*) en een mono-articulaire brachialis (*br*). De *bi* levert 60 % en de *br* levert 40% van het moment rond de elleboog, als er sprake is van een flexiemoment.

a. (4p) De *bi* heeft een insertie die gegeven is in het onderarm assenstelsel. De *bi* heeft in deze stand van de arm een gegeven hoek β_{bi} met de y-as van het onderam assenstelsel. Bereken de spierkrachtvector van de kracht die de biceps op de onderarm uitoefent, in het OA assenstelsel.

b. (8p) De *br* heeft een **insertie** die gegeven is in het onderarm assenstelsel ($\mathbf{r}_{ins,br,OA}$). De **origo** van de *br* was oorspronkelijk in het bovenarm assenstelsel maar is in de gegevens omgerekend naar het globale (GLOB) assenstelsel ($\mathbf{r}_{or,br,GLOB}$). Bereken de spierkracht vector van de kracht die de brachialis **op de onderarm** levert in het OA assenstelsel.

Vraag 3

Bij een fietser zijn de kracht op de pedaal en de posities van gewrichten van het rechter been gemeten. De fietser zit met de neus naar rechts. Je hebt reeds de beschikking over de volgende variabelen (tussen haakjes staat telkens het aantal rijen en kolommen van de variabele):

y (500,4) = tijdserie met in kolom 1 t/m 4 de y-positie van respectievelijk de teen, enkel, knie en heup
z (500,4) = idem voor z
fs (1,1) = de sample frequentie
zpbb (500,2) = tijdserie met het zwaartepunt van het bovenbeen
mbb (1,1) = massa van het bovenbeen
Ibb (1,1) = traagheidsmoment van het bovenbeen ten opzichte van het zwaartepunt van het bovenbeen
Mkob (500,1) = tijdserie van het netto moment rond de knie op het onderbeen.
n.b: deze tijdserie van Mkob bevat zowel positieve als negatieve momenten.
r_ins_quad (1,2) = vector naar de insertie van de quadriceps, in het assenstelsel van het onderbeen. Deze vector verandert niet in de tijd
rv_quad (500,2) = tijdserie met de richtingsvector van de quadriceps, in het assenstelsel van het onderbeen

Schrijf een matlab programma waarin je de onderstaande berekeningen uitvoert. Zorg dat punten (.) en maal-tekens (*) duidelijk herkenbaar zijn. Je mag gebruik maken van alle functies waar je tijdens de practica ook de beschikking over had. Als hulp staan de eerste regels van deze functies hiernaast. Verder mag je ook de zelfgemaakte functie cross2D gebruiken.

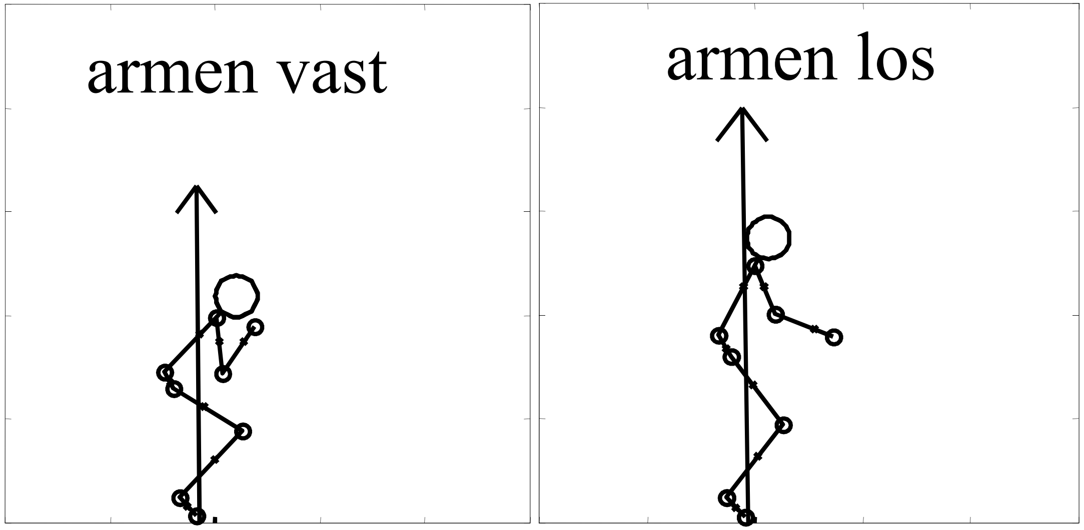
```
function [odata] =afgcol (idata,fs)
function [angle]  = angle2d (vectors)
function [y, z] = dattoyz (data)
function [data] = yztodat (y,z)
function [m1, m2, m3, …] = split (matrix, dim)
function [yloc, zloc]=createaxes (distaal,proximaal)
function [vectorglob] = projectloc2glob (yloc,zloc,vectorloc)
function [vectorloc] = projectglob2loc (yloc,zloc,vectorglob)
```

a. (5p) Bereken de kinetische energie van het bovenbeen segment.

b. (5p) Bereken de spierkrachtvector van de quadriceps in het assenstelsel van het onderbeen. Ga er vanuit dat de quadriceps 100% van het extensiemoment in de knie levert.

Vraag 4

Het figuur rechts laat de stickfiguren zien van de sprong met de armen vast (links) en de sprong met de armen los (rechts), beide op het tijdstip waarop er sprake was van een piekmoment in de knie tijdens de afzet.

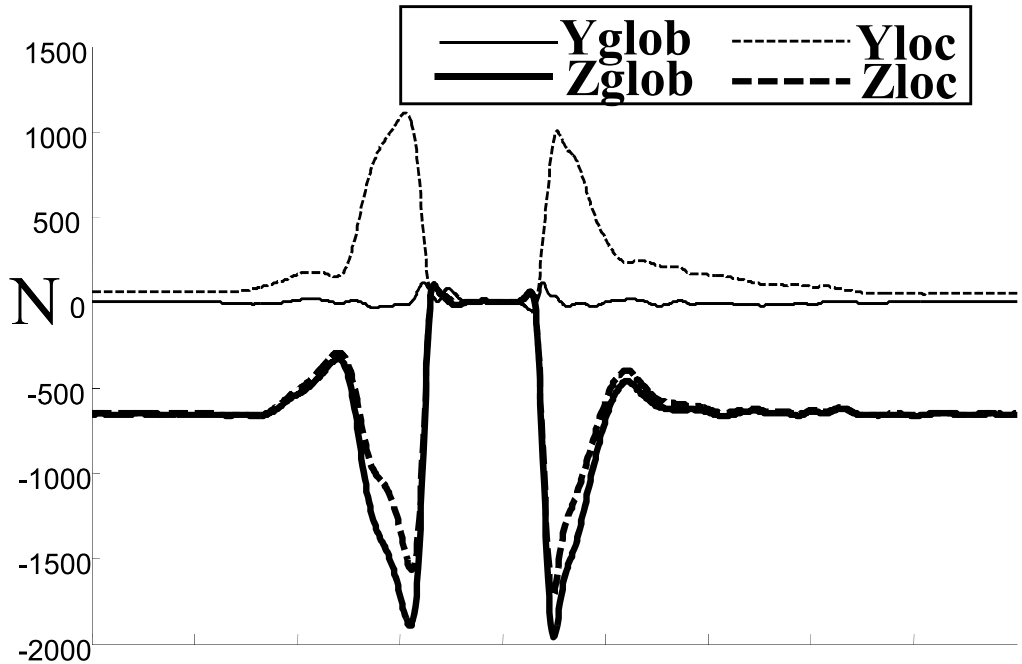


a. (2 p) Te zien is dat de grondreactiekracht op het tijdstip van het piekmoment groter is bij de sprong met de armen los. Toch was het piekmoment rond de knie ongeveer gelijk tussen de sprongen. Leg uit hoe dat kan.

b. (2 p) Ondanks het gelijke piek moment was de piek van de geleverde arbeid rond de knie wel hoger bij de sprong met de armen los. Geef hiervoor een plausibele verklaring.

Vraag 5

In het figuur rechts is de netto reactiekracht in de knie op het onderbeen te zien bij de sprong met de armen los. Zowel de Y-component als de Z-component zijn weergegeven tegen de tijd in het globale (glob) en in het lokale (lok) assenstelsel. Het lokale assenstelsel is het assenstelsel van het onderbeen



a. (2 p) Leg uit waarom voor de pieken bij de afzet geldt dat de Y component lokaal veel groter is dan globaal. Leg ook uit waarom de Z-piek lokaal juist kleiner is dan globaal.

b. (2 p) Leg uit waarom de pieken van de lokale Y component een positief teken hebben terwijl de pieken van de Z-component juist een negatief teken hebben.

$\boxed{\text{a}}$ hertentamen 2015-2016 antwoorden

$$\mathbf{a}_{ba} = \mathbf{a}_s + \mathbf{a}_{t,ba/s} + \mathbf{a}_{n,ba/s} = \mathbf{a}_s + \alpha_{ba} \times (\mathbf{dzp}_{ba} - \mathbf{s}) - \omega_{ba}^2 \cdot (\mathbf{dzp}_{ba} - \mathbf{s})$$

$$= \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -0.15 \\ 0.1 \\ 0 \end{bmatrix} - \left\{ 3^2 \cdot \begin{bmatrix} -0.15 \\ 0.1 \\ 0 \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.4 \\ -0.6 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -1.35 \\ 0.9 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.95 \\ 1.5 \end{bmatrix} m/s^2$$

$\mathbf{F}_{e,ba} = - \mathbf{F}_{e,oa} = [-30 \;\; 600]$ N

$M_{e,oa} = - M_{e,oa} = 100$ Nm

$$\mathbf{M}_{s,a} = I_{ba} \cdot \alpha_{ba} + (\mathbf{dzp}_{ba} - \mathbf{s}) \times m_{ba} \cdot \mathbf{a}_{ba} - (\mathbf{dzp}_{ba} - \mathbf{s}) \times m_{ba} \cdot \mathbf{g} - (\mathbf{e} - \mathbf{s}) \times \mathbf{F}_{e,ba} - \mathbf{M}_{e,ba}$$

$$= -1.2 + \left\{ \begin{bmatrix} 0.45 \\ 0.2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.1 \end{bmatrix} \right\} \times 6 \cdot \begin{bmatrix} 1.95 \\ 1.5 \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} 0.45 \\ 0.2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.1 \end{bmatrix} \right\} \times 6 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -10 \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.1 \end{bmatrix} \right\} \times \begin{bmatrix} -30 \\ 600 \end{bmatrix} - (100)$$

$$= -1.2 + \begin{bmatrix} -0.15 \\ 0.1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -11.7 \\ 9 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -0.15 \\ 0.1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ -60 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -0.3 \\ 0.2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -30 \\ 600 \end{bmatrix} - (100)$$

$$= \quad 1.2 + -2.52 - \; 9 - \; -174 - 100 = 63.68 \text{ Nm}$$

$\boxed{\text{b}}$ De spieren leveren een positief =linksomdraaiend moment in de schouder op de bovenarm. Gezien de stand van de persoon is een moment dat de arm linksom wil draaien, retroflecterend.

$\boxed{\text{c}}$

$$\mathbf{F}_{s,ba} = m_{ba} \cdot \mathbf{a}_{ba} - \mathbf{F}_{e,ba} - m_{ba} \cdot \mathbf{g} = 6 \cdot \begin{bmatrix} 1.95 \\ 1.5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -30 \\ 600 \end{bmatrix} - 6 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 41.7 \\ -531 \end{bmatrix} \text{N}$$

$$P = \mathbf{F}_{s,ba} \bullet \mathbf{v}_s + \mathbf{F}_{e,ba} \bullet \mathbf{v}_e + \mathbf{M}_{e,ba} \bullet \boldsymbol{\omega}_{ba} + \mathbf{M}_{s,ba} \bullet \boldsymbol{\omega}_{ba}$$

$$[41.7 \quad -531] \bullet \begin{bmatrix} 0.5 \\ 2 \end{bmatrix} + [-30 \quad 600] \bullet \begin{bmatrix} -0.1 \\ 1.1 \end{bmatrix} + 100 \bullet (3) + 63.68 \bullet (3) = (20.85 - 1062) + (3 + 660) + 191.04 + 300 = -1041.15 + 663 + 191.04 + 300 = 112.89\text{W}$$

a. biceps optie 2:

$\beta_{bi,e}$ =30° = 0.5236 rad

rv $_{ins \rightarrow or,bi,OA}$ = [-sin($\beta_{bi,OA}$) cos($\beta_{bi,OA}$)] = [-0.5 0.8660]

$$d_{br,e} = \mathbf{r}_{ins,br,OA} \times \mathbf{rv}_{ins \rightarrow or,br,OA} = \begin{bmatrix} 0.04 \\ 0.03 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0.8660 \end{bmatrix} = 0.0496$$

$F_{bi,OA}$ = |$\mathbf{M}_{bi,e,OA}$ / $d_{bi,e}$| = |30 / 0.0496|= 604.339N

$$\mathbf{F}_{bi,e,oa,OA} = F_{bi,OA} \cdot \mathbf{rv}_{ins \rightarrow or,bi,OA} = 604.339 \cdot \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0.866 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -302.1695 \\ 523.3729 \end{bmatrix}$$

b. Brachilis optie 4:

$\mathbf{M}_{br,e,oa}$ = 0.4·$\mathbf{M}_{e,oa}$ = 0.4·50= 20 Nm

$$\mathbf{x}_{oa} = \begin{bmatrix} x_x \\ x_y \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \end{bmatrix}\right) / \mathit{lengte}\left(\begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \end{bmatrix}\right) = \left(\begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.05 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.15 \end{bmatrix}\right) / \mathit{lengte}\left(\begin{bmatrix} 0.3 \\ -0.1 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 0.3 \\ -0.1 \end{bmatrix} / 0.3162 = \begin{bmatrix} 0.9487 \\ -0.3162 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R}_{oa} = [\mathbf{x}_{oa} \quad \mathbf{y}_{oa}] = \begin{bmatrix} 0.9487 & 0.3162 \\ -0.3162 & 0.9487 \end{bmatrix}$$

Of: θ =arctan (-0.1 / 0.3)=0.3218 rad = 18.435°

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\cos(90° - \theta) \\ \cos(90° - \theta) & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{r}_{or,br,OA} = \mathbf{R}_{oa}{}^{T} . \left(\mathbf{r}_{or,br,GLOB} - \mathbf{e}\right) = \begin{bmatrix} 0.9487 & -0.3162 \\ 0.3162 & 0.9487 \end{bmatrix} . \left(\begin{bmatrix} 0.27 \\ 0.28 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.15 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 0.9487 & -0.3162 \\ 0.3162 & 0.9487 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} -0.03 \\ 0.13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0696 \\ 0.1138 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{br} = \mathbf{r}_{or,br,OA} - \mathbf{r}_{ins,br,OA} = \begin{bmatrix} -0.0696 \\ 0.1138 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.03 \\ 0.03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0996 \\ 0.838 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{rv}_{ins \rightarrow or,br,OA} = \mathbf{br} \ / \ \mathrm{lengte}(\mathbf{br}) = \begin{bmatrix} -0.0996 \\ 0.838 \end{bmatrix} / \sqrt{--0.0996^2 + 0.838^2} = \begin{bmatrix} -0.0996 \\ 0.838 \end{bmatrix} / \sqrt{0.009914 + 0.007029} = \begin{bmatrix} -0.0996 \\ 0.838 \end{bmatrix} / 0.1302 = \begin{bmatrix} -0.7649 \\ 0.6441 \end{bmatrix}$$

$$d_{br,e} = \mathbf{r}_{ins,br,OA} \times \mathbf{rv}_{ins \rightarrow or,br,OA} = \begin{bmatrix} 0.03 \\ 0.03 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -0.7649 \\ 0.6441 \end{bmatrix} = 0.04227$$

$F_{br,OA}$ = |$\mathbf{M}_{br,e,OA}$ / $d_{br,e}$| = |20 / 0.04227|= 473.1346N

$$\mathbf{F}_{br,e,oa,OA} = F_{br,OA} \cdot \mathbf{rv}_{ins \rightarrow or,br,OA} = 473.1346 \cdot \begin{bmatrix} -0.7649 \\ 0.6441 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -361.9176 \\ 304.7490 \end{bmatrix}$$

vraag 3

a

```
Vzpbb = afgcol(zpbb,fs);
Ekintrans = 0.5*sum(mbb*Vzpbb.^2 , 2);
dat = yztodat(y,z);
[teen, enkel, knie, heup] = split(dat,2);
Hbb = angle2d(knie-heup); %of andersom
Wbb = afgcol(Hbb,fs);
Ekinrot = 0.5*Ibb*Wbb.^2;
Ekin  = Ekintrans+Ekinrot;
```

b

```
r_ins_quad_serie = ones(500,1)*r_ins_quad ;
dquad = abs(cross2d (r_ins_quad _serie, rv_quad))
Mquad = Mkob.*(Mkob>0);
Fscal = Mquad ./dquad;
Fvec = [Fscal  Fscal].* rv_quad;
```

vraag 4

a. (quasi-statische redenering:) De momentsarm van de grondreactiekracht ten opzichte van de knie is kleiner bij de sprong met de armen los

b. Gewrichtsarbeid is de integraal van moment maal hoeksnelheid van het gewricht. Een hogere gewrichtsarbeid kan dus ook komen door een hogere hoeksnelheid in het gewricht. Bovendien is, vanwege de integraal, niet alleen de piek maar ook het gemiddelde van het moment en de hoeksnelheid van belang.

vraag 5

a. Omdat de grondreactiekracht vrijwel recht omhoog gericht is, wijst de globale netto reactiekracht in de knie vrijwel recht naar beneden, waardoor de globale Y component vrijwel nul is. Als je de knie buigt, gaat de lokale Y-as naar beneden wijzen. De vertikale kracht is dan dus gedeeltelijk langs de Y-as gericht.

b. De piek van Y is positief omdat de lokale Y-as gedeeltelijk naar beneden wijst. De lokale Z-as wijst omhoog, dus de naar beneden gerichte kracht wijst langs de negatieve Z-as.