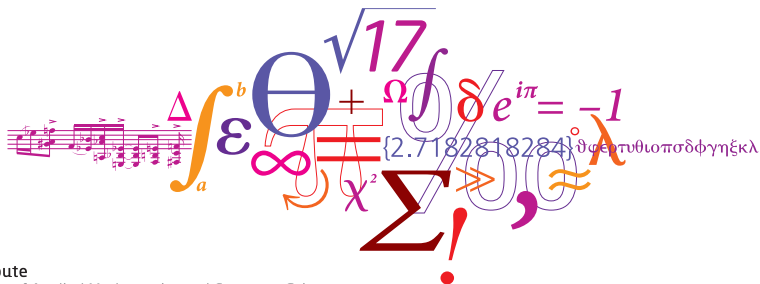


# Matematikken i kunstig intelligens: Socialt intelligente robotter

Thomas Bolander, DTU Compute, Danmarks Tekniske Universitet

2. juni 2018



# To hovedparadigmer i kunstig intelligens

**Det symbolske paradigme** (1950–): Simulerer menneskelig symbolsk, sproglig, bevidst ræsonnering. Søgning, planlægning, logisk ræsonnering. **Eks:** skakcomputer.



robust, forudsigelig, forklarlig



nøje afgrænsede evner



fleksibel, læring



aldrig 100% forudsigelig/fejlfri

**Det subsymbolske paradigme** (1980–): Simulerer de fundamentale fysiske processer i den menneskelige hjerne. Neurale netværk. **Eks:** billedgenkendelse.

symbolsk



subsymbolsk

Hvordan undgår vi at  
**fremtidens robotter**  
og computere bliver  
**sociale analfabeter**

# Asociale hospitalsrobotter

Frustrerede brugere af hospitalsrobotter i  
USA:



*TUG hospitalsrobot*

(Colin Barras, New Scientist, vol. 2738, 2009)

# Asociale hospitalsrobotter

Frustrerede brugere af hospitalsrobotter i USA:

- *"I'm on the phone! If you say 'TUG has arrived' one more time I'm going to kick you in your camera."*



*TUG hospitalsrobot*

(Colin Barras, New Scientist, vol. 2738, 2009)

# Asociale hospitalsrobotter

Frustrerede brugere af hospitalsrobotter i USA:

- *"I'm on the phone! If you say 'TUG has arrived' one more time I'm going to kick you in your camera."*
- *"It doesn't have the manners we teach our children. I find it insulting that I stand out of the way for patients... but it just barrels right on."*



*TUG hospitalsrobot*

(Colin Barras, New Scientist, vol. 2738, 2009)

## Sociale børn

Et kognitionspsykologisk eksperiment med en dreng på 18 måneder. Han har ikke fået nogen instruktioner. (Warneken & Tomasello, 2006)

[http://www2.compute.dtu.dk/~tobo/children\\_cabinet.mpg](http://www2.compute.dtu.dk/~tobo/children_cabinet.mpg)

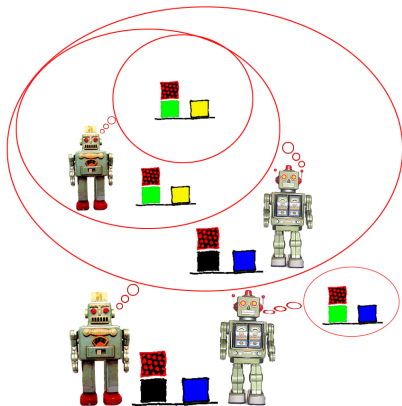
# Hvordan bliver robotterne socialt intelligente?

Vi inspireres af hvad vi ved om menneskers sociale intelligens. Centralt begreb:

**Theory of Mind (ToM):** Evnen til at sætte sig i andres sted.

Theory of Mind er essentiel for menneskers sociale intelligens (Baron-Cohen, 1997).

Styrken af et barns Theory of Mind testes ofte med en **false-belief task** som f.eks. **Sally-Anne testen**.

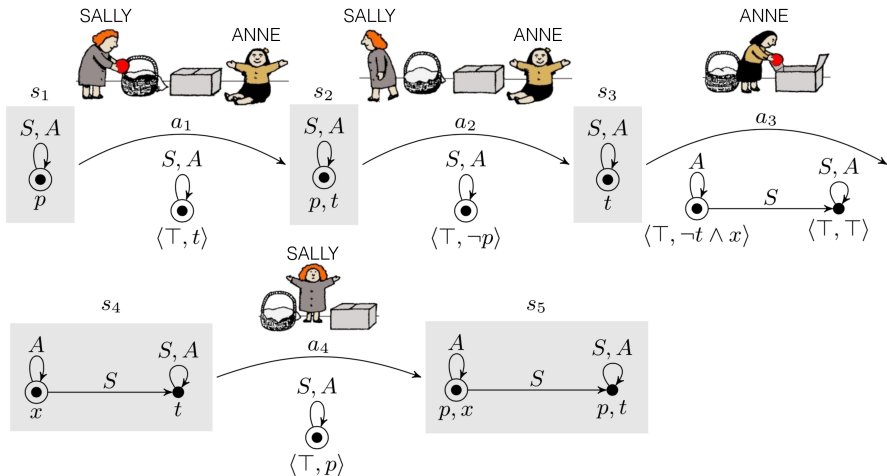




# A child takes the Sally-Anne test

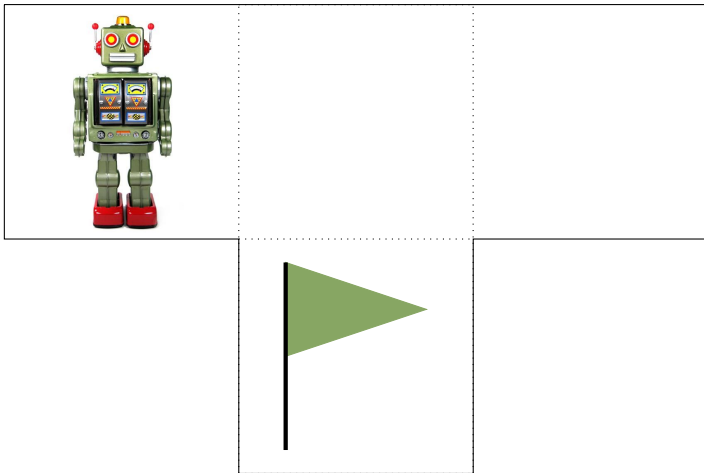
[http://www2.compute.dtu.dk/~tobo/sally\\_anne\\_trimmed.mp4](http://www2.compute.dtu.dk/~tobo/sally_anne_trimmed.mp4)

# Matematiske modeller af Theory of Mind



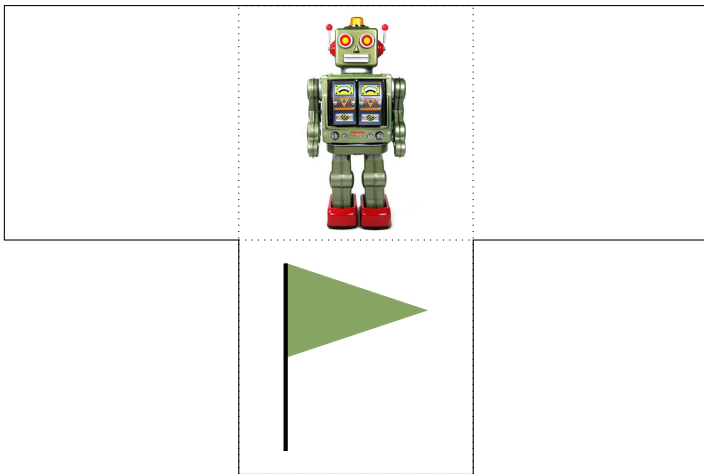
Bolander: Seeing is Believing—Formalising False-Belief Tasks in Dynamic Epistemic Logic, in *Outstanding Contributions to Logic*, Springer, forthcoming 2018.

# Robotnavigation: Én robot



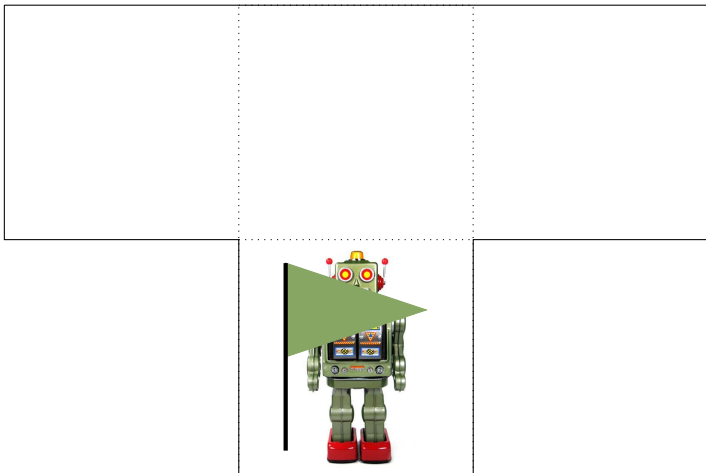
**Løsning:**

# Robotnavigation: Én robot



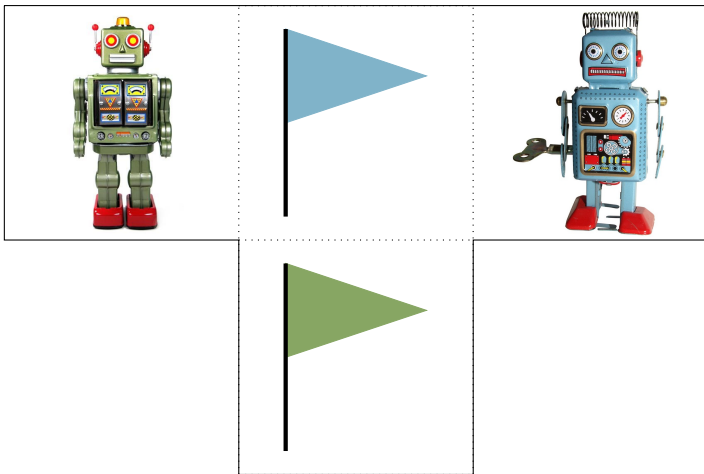
**Løsning:** 1. højre,

# Robotnavigation: Én robot



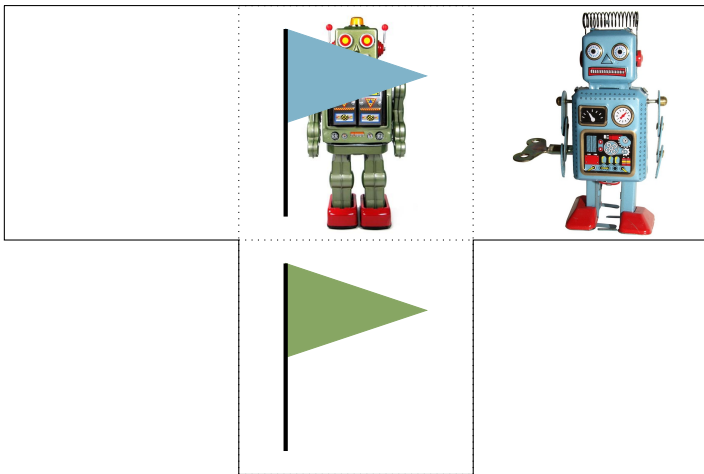
**Løsning:** 1. højre, 2. ned.

# Robotnavigation: To robotter, simpel konflikt



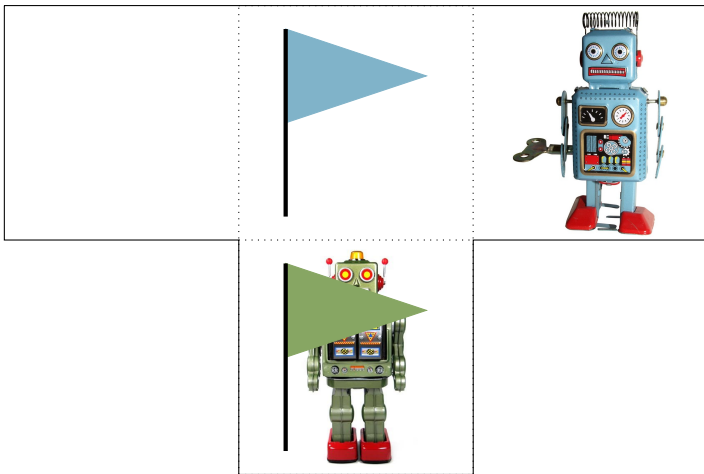
**Løsning:**

# Robotnavigation: To robotter, simpel konflikt



**Løsning:** 1. grøn: højre,

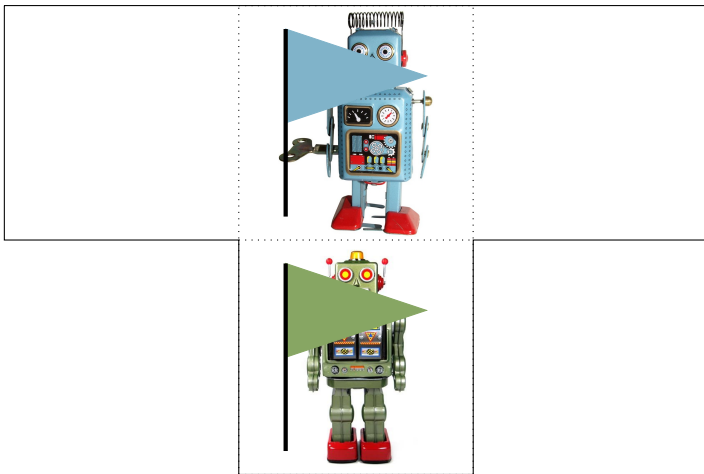
# Robotnavigation: To robotter, simpel konflikt



**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned,

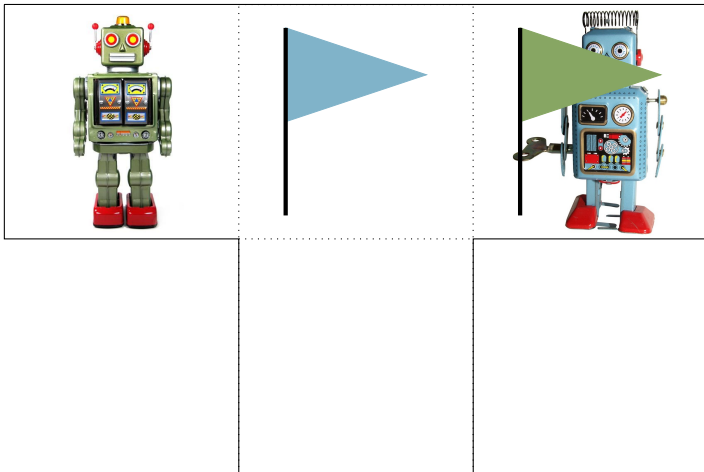


# Robotnavigation: To robotter, simpel konflikt



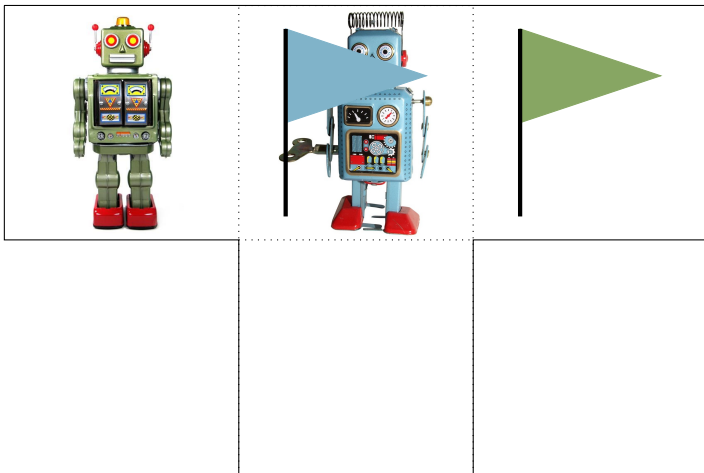
**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned, 3. blå: venstre.

# Robotnavigation: To robotter, ikke-triviell konflikt



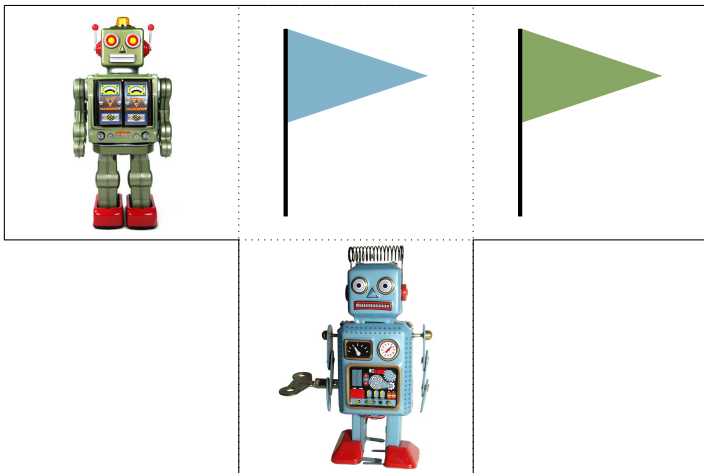
**Løsning:**

# Robotnavigation: To robotter, ikke-triviell konflikt



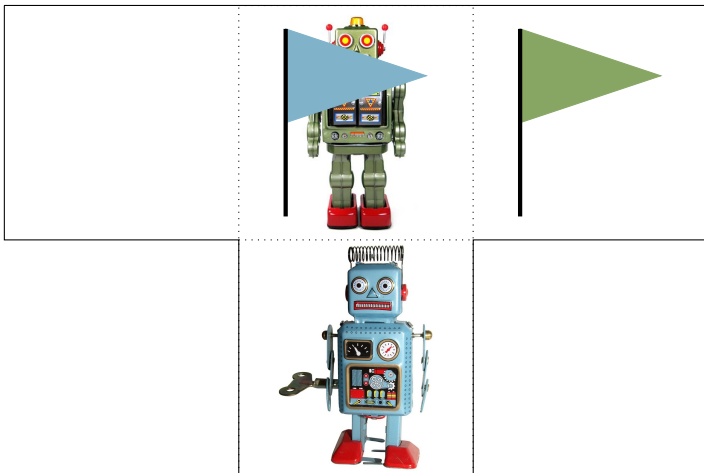
**Løsning:** 1. blå: venstre,

# Robotnavigation: To robotter, ikke-triviell konflikt



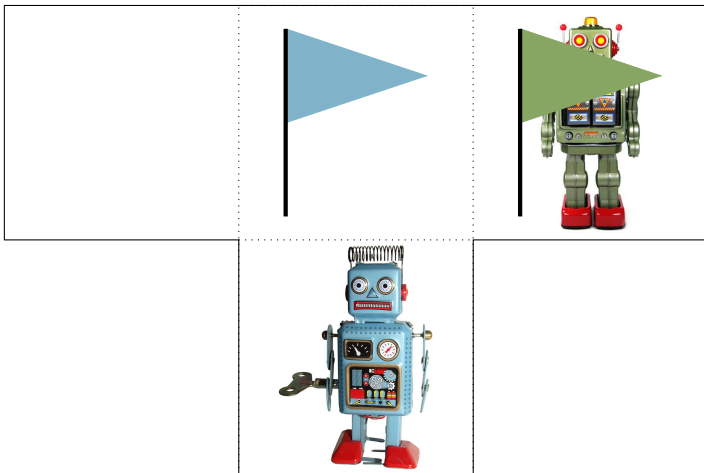
**Løsning:** 1. blå: venstre, 2. blå: ned,

# Robotnavigation: To robotter, ikke-triviell konflikt



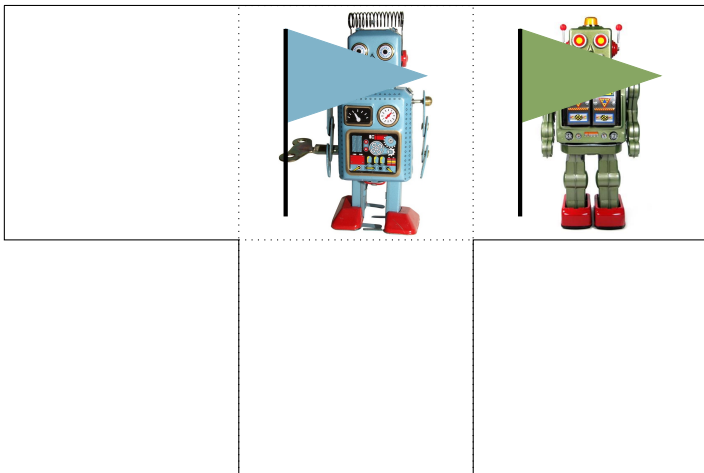
**Løsning:** 1. blå: venstre, 2. blå: ned, 3. grøn: højre

# Robotnavigation: To robotter, ikke-triviell konflikt



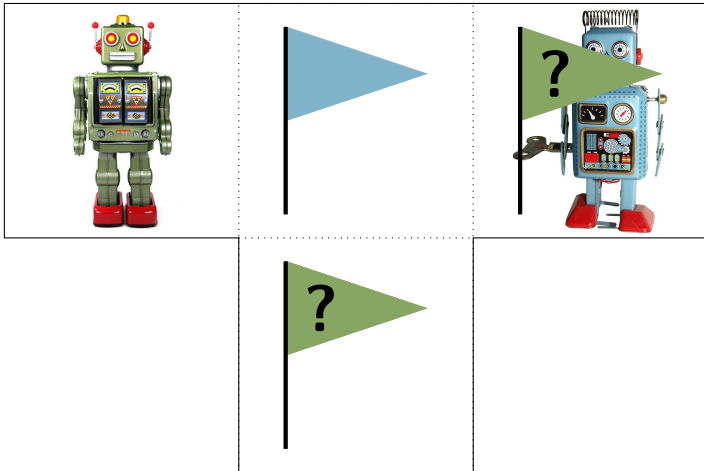
**Løsning:** 1. blå: venstre, 2. blå: ned, 3. grøn: højre 4. grøn: højre,

# Robotnavigation: To robotter, ikke-triviell konflikt



**Løsning:** 1. blå: venstre, 2. blå: ned, 3. grøn: højre 4. grøn: højre,  
5. blå: op.

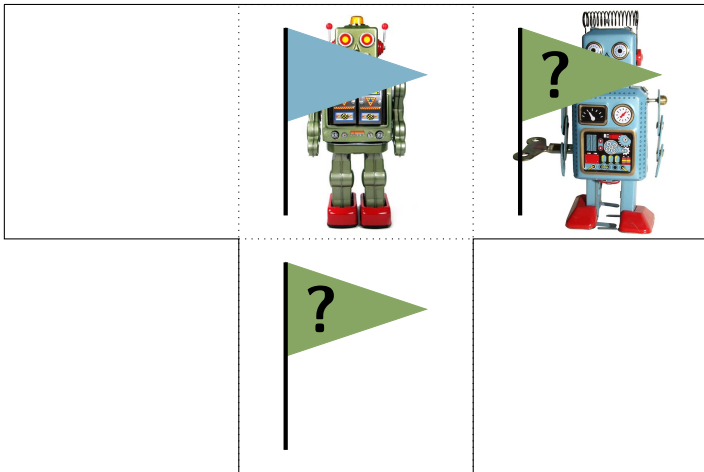
# To robotter: Blå er usikker på grøns mål



Løsning:

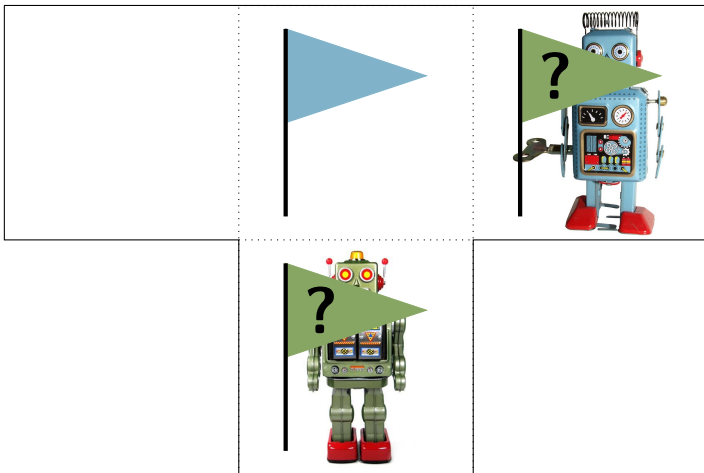


# To robotter: Blå er usikker på grønns mål



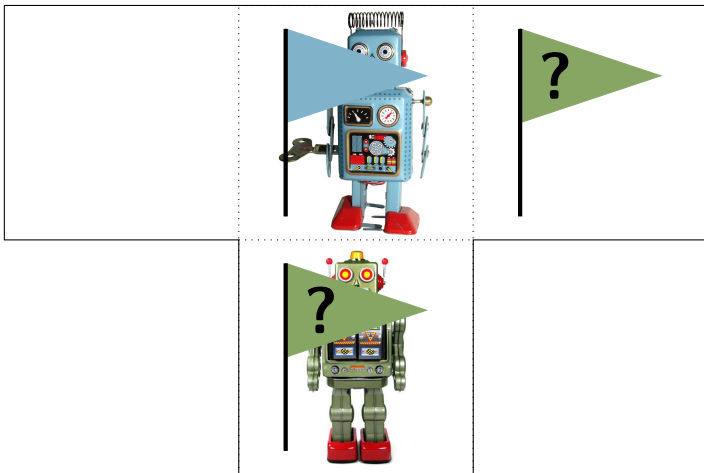
**Løsning:** 1. grøn: højre,

# To robotter: Blå er usikker på grøns mål



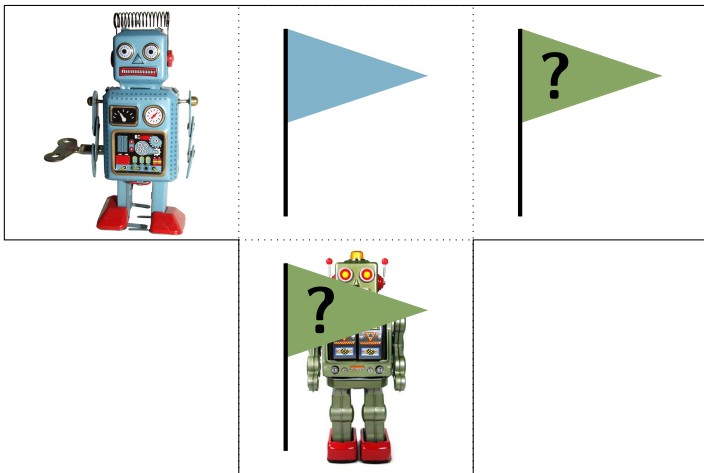
**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned,

# To robotter: Blå er usikker på grønns mål



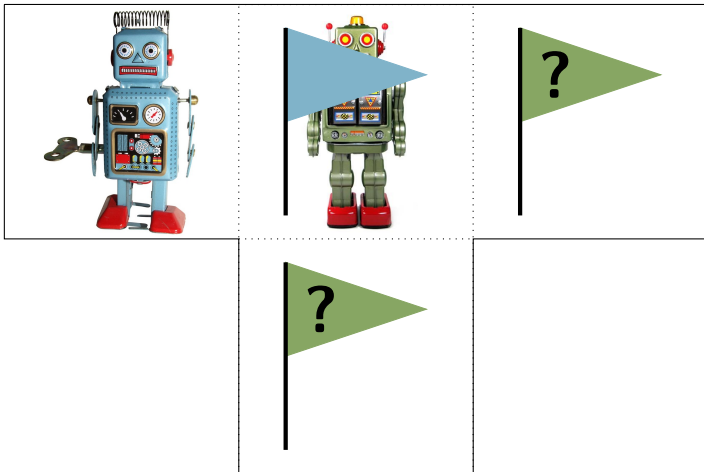
**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned, 3. blå: venstre

# To robotter: Blå er usikker på grønns mål



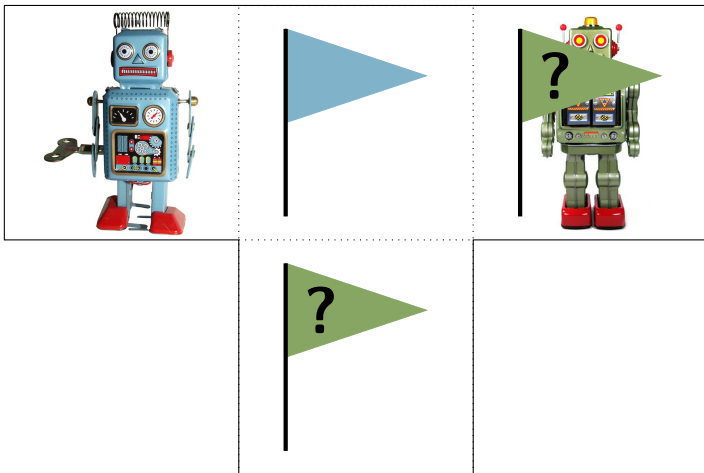
**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned, 3. blå: venstre 4. blå: venstre,

# To robotter: Blå er usikker på grønns mål



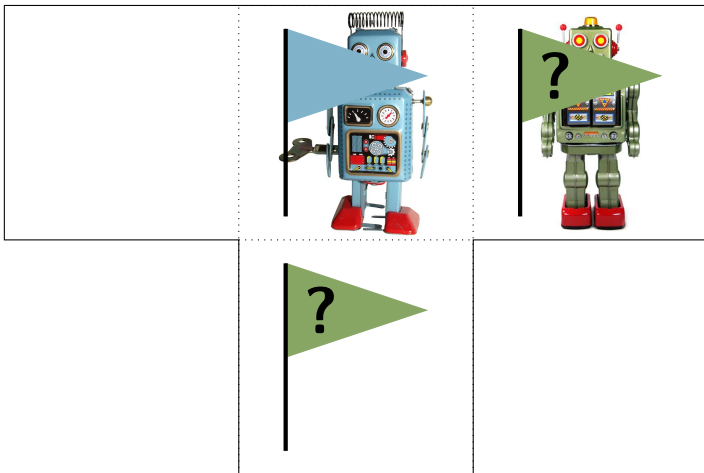
**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned, 3. blå: venstre 4. blå: venstre, 5. grøn: op,

# To robotter: Blå er usikker på grøns mål



**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned, 3. blå: venstre 4. blå: venstre, 5. grøn: op, 6. grøn: højre,

# To robotter: Blå er usikker på grøns mål



**Løsning:** 1. grøn: højre, 2. grøn: ned, 3. blå: venstre 4. blå: venstre, 5. grøn: op, 6. grøn: højre, 7. blå: højre.