

# Informatica

## 2<sup>e</sup> semester: les 7

Slimme (deel II: hoofdstuk 5)  
versus intelligente (deel III:  
hoofdstuk 9) algoritmen

Jan Lemeire

**Informatica 2<sup>e</sup> semester**

*februari – mei 2021*



Vrije Universiteit Brussel

**“Is er een machine die even  
slim of zelfs slimmer is als de  
mens!?”**

# Vandaag

1. **Spel: minimax**
2. **Non-zero sum game**
3. **Leren**
4. **Deel III: slimme algoritmen versus intelligentie**

# **Slimme algoritmen**

## **Deel II**

### **Hoofdstuk 5**

# **NP-complete problemen**

# NP-compleet: traveling salesman problem

◆ *Meest efficiënte volgorde om alle steden af te lopen?*



15!  
= 1.307.674.368.000  
mogelijke volgorden

# NP-complete (=Not Polynomial time)

## Klasse van problemen

- ◆ Voor optimale oplossing: exponentiële zoektijd
  - ✦ Zoekruimte =  $t^d$  (t: aantal takken per node, d: diepte)
  - ✦ je **moet** bijna alle mogelijkheden afgaan wil je zeker zijn de beste oplossing te vinden.
- ◆ Er bestaan geen grote shortcuts!
- ◆  **$O(\text{poynomiaal}) \ll O(\text{exponentiële functie})$**

p. 4

Bijvoorbeeld:  $O(n^{10}) \ll O(2^n)$

n	$n^{10}$	$2^n$
20	$20^{10} \approx 10^{13}$	$2^{20} \approx 10^6$
1000	$1000^{10} = 10^{30}$	$10^6 \cdot 10^{50} = 10^{56}$
1000000	$10^{60}$	$2^{1000000} \approx 10^6 \cdot 10^{500000} = 10^{500006}$

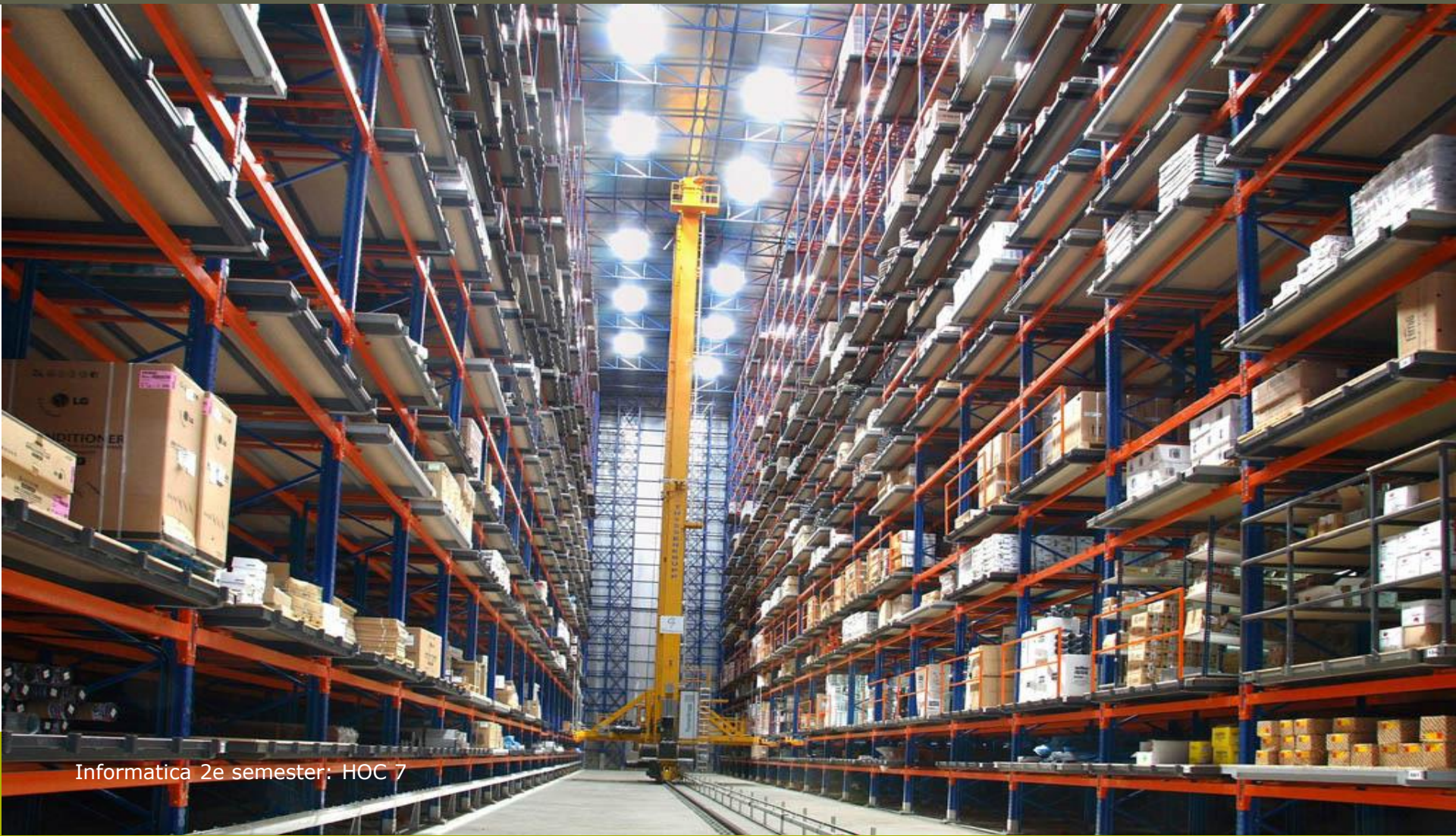
# Een goede oplossing

- ◆ Maar niet te bewijzen dat optimaal...
  - ✦ zie <http://ai4r.rubyforge.org/geneticAlgorithms.html>
  - ✦ <https://www.youtube.com/watch?v=94p5NUogCIM>.





# Nog een voorbeeld: plannen van automatische opslagplaatsen



**Spel**

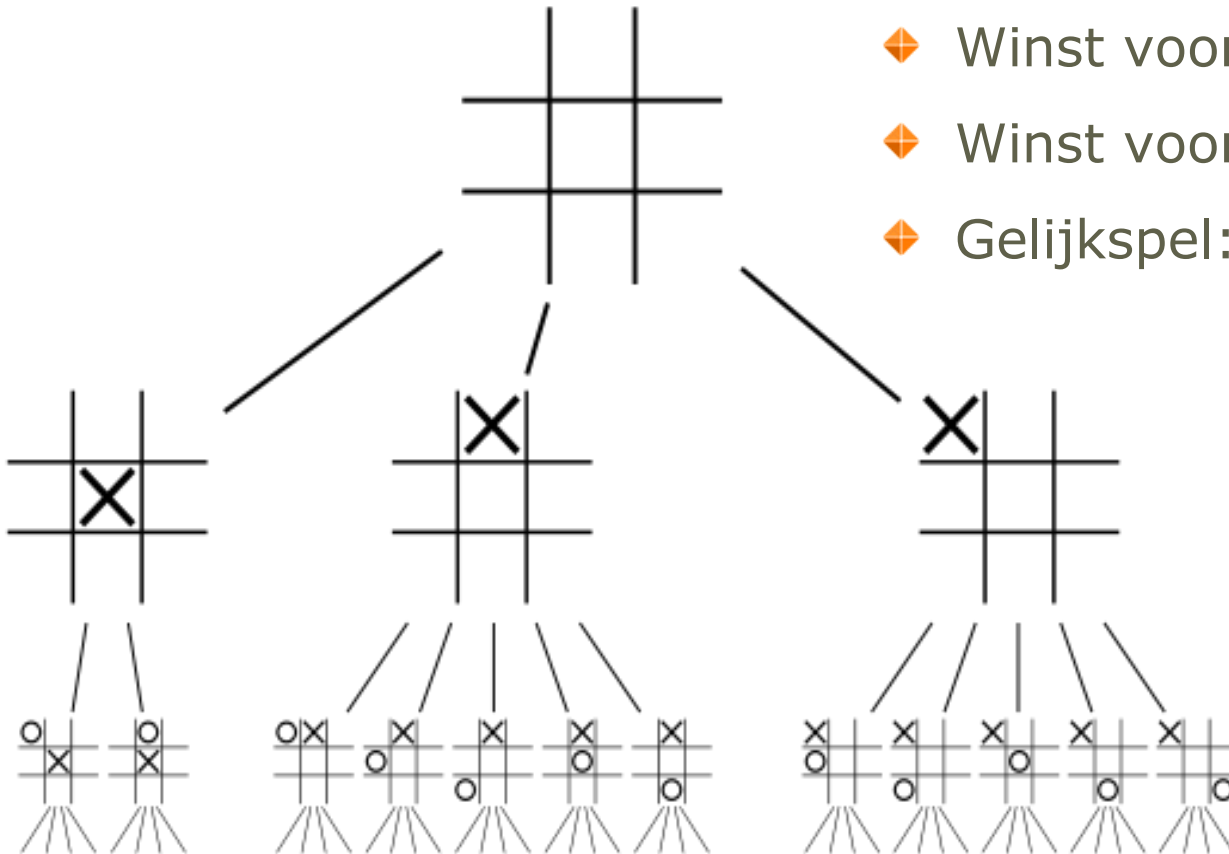
# Spel

- ◆ Je speelt tegen een tegenstander, hebt een aantal acties ter beschikking, speelt om beurten en er is een einddoel of eindscore bepaald. Of varianten hierop.
- ◆ ***Zero-sum game***: iemand wint – andere verliest

# OXO: uitrekenbaar

***X begint***

- ♦ 255.168 possible games
- ♦ Zonder symmetrieën: 26.830
- ♦ Winst voor X: 131.184
- ♦ Winst voor O: 77.904
- ♦ Gelijkspel: 46.080



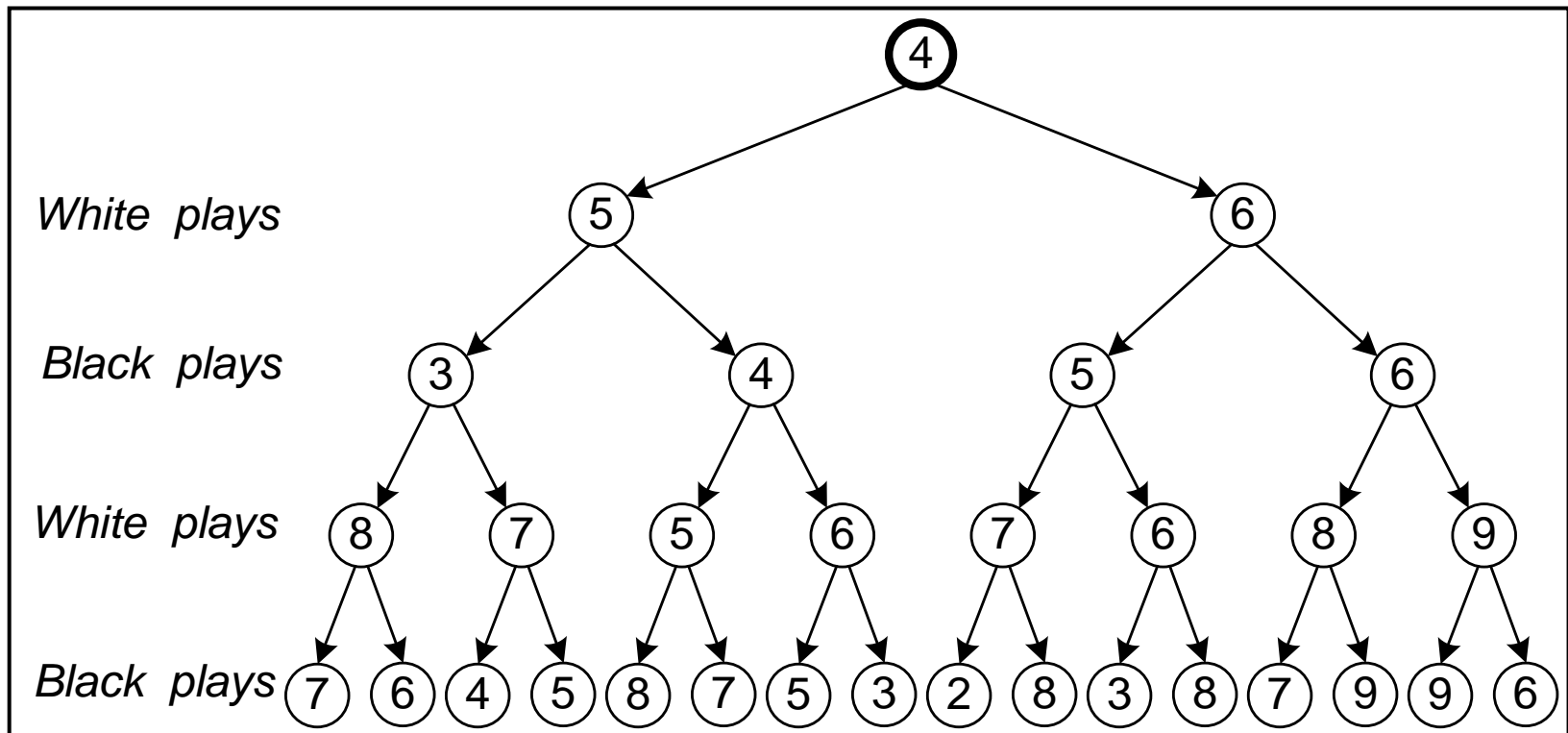
# Schaken: onuitrekenbaar

- ◆ Vermijden van het doorploeteren van hele zoekboom door gebruik te maken van heuristische score
  - ✦ Score is ook maar een benaderde evaluatie van de toestand, garandeert niet dat het het beste pad geeft.
- ◆ Evaluatiefunctie (score)
  1. Waarde van de stukken
  2. Positie van de koning
  3. Controle over het middenveld (de 4 middelste vakjes)
  4. Positie van de pionnen
    - Bijvoorbeeld, of ze aaneensluitend gepositioneerd zijn
  5. Positie van de stukken
    - bijvoorbeeld, hoeveel de bewegingsvrijheid van elk stuk



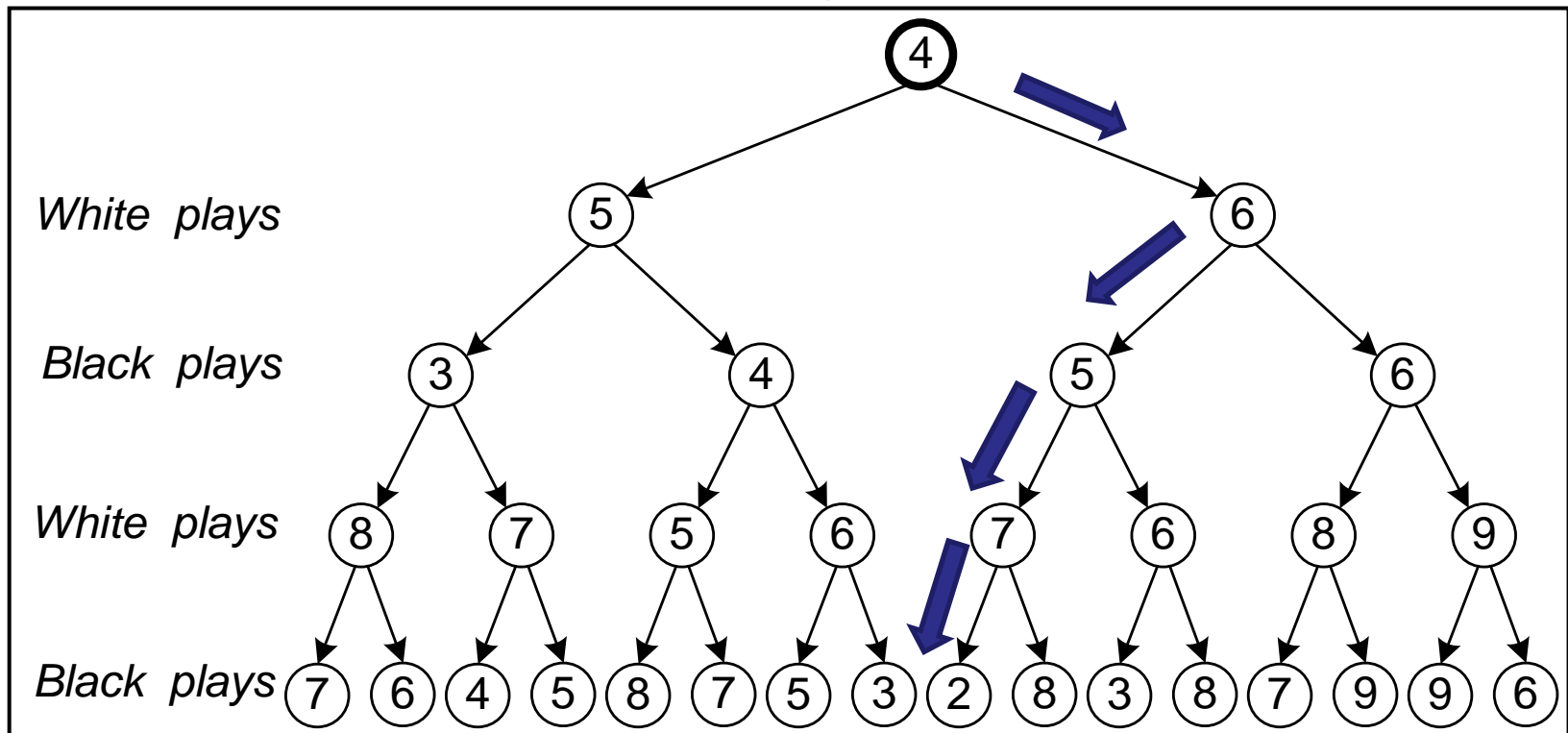
# Zoekboom met scores

- ♦ Wit & zwart spelen om beurten
- ♦ Score te maximaliseren door wit
- ♦ Wat moet wit doen: *links of rechts?*



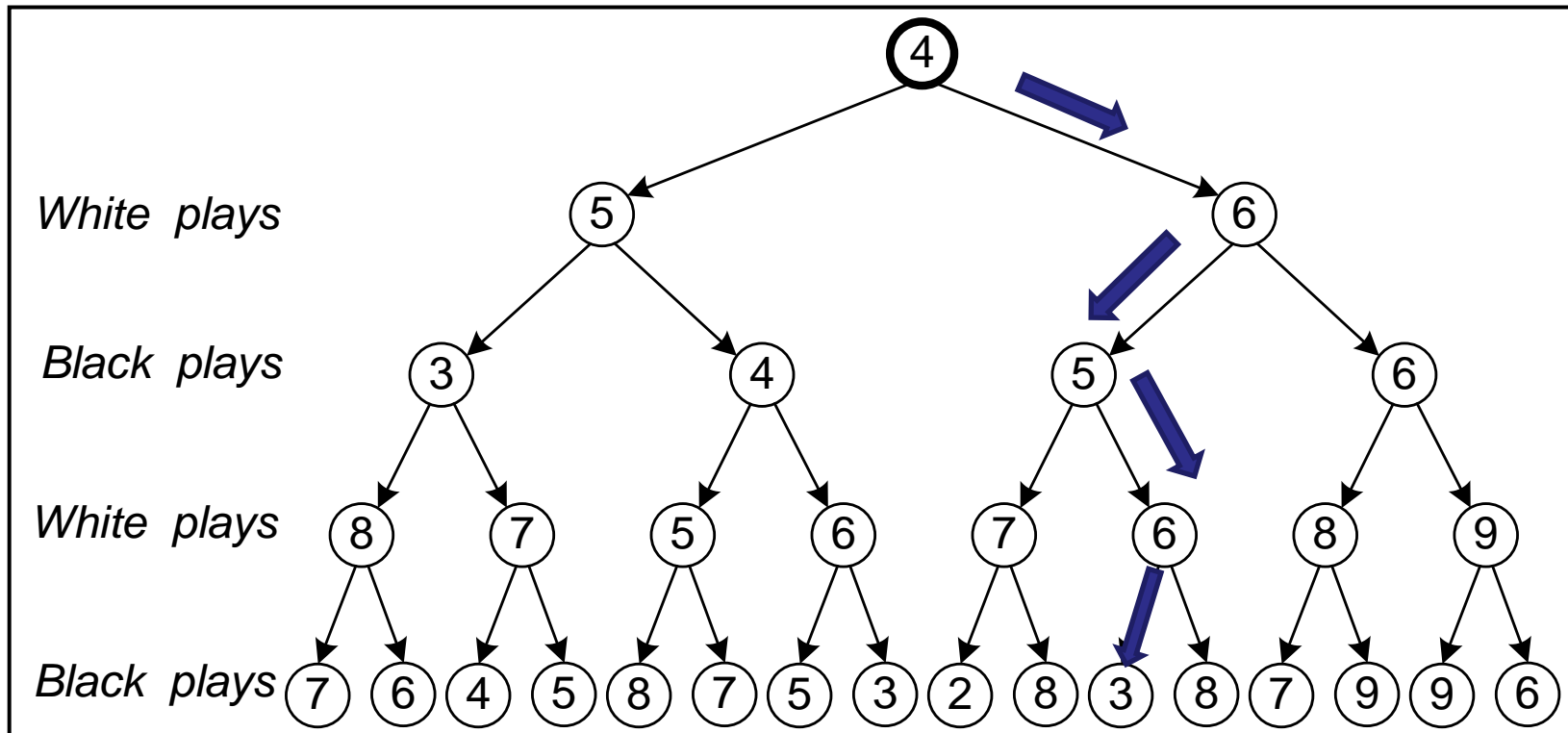
# Greedy search

- ♦ Wit kiest voor **rechts**, zwart voor **links**, wit voor **links** en **zwart** voor links
  - ✦ Eindscore = 2 ( is laagste van de hele boom!)
- ♦ Beter: iterative deepening => minimax



# Twée zetten vooruit denken

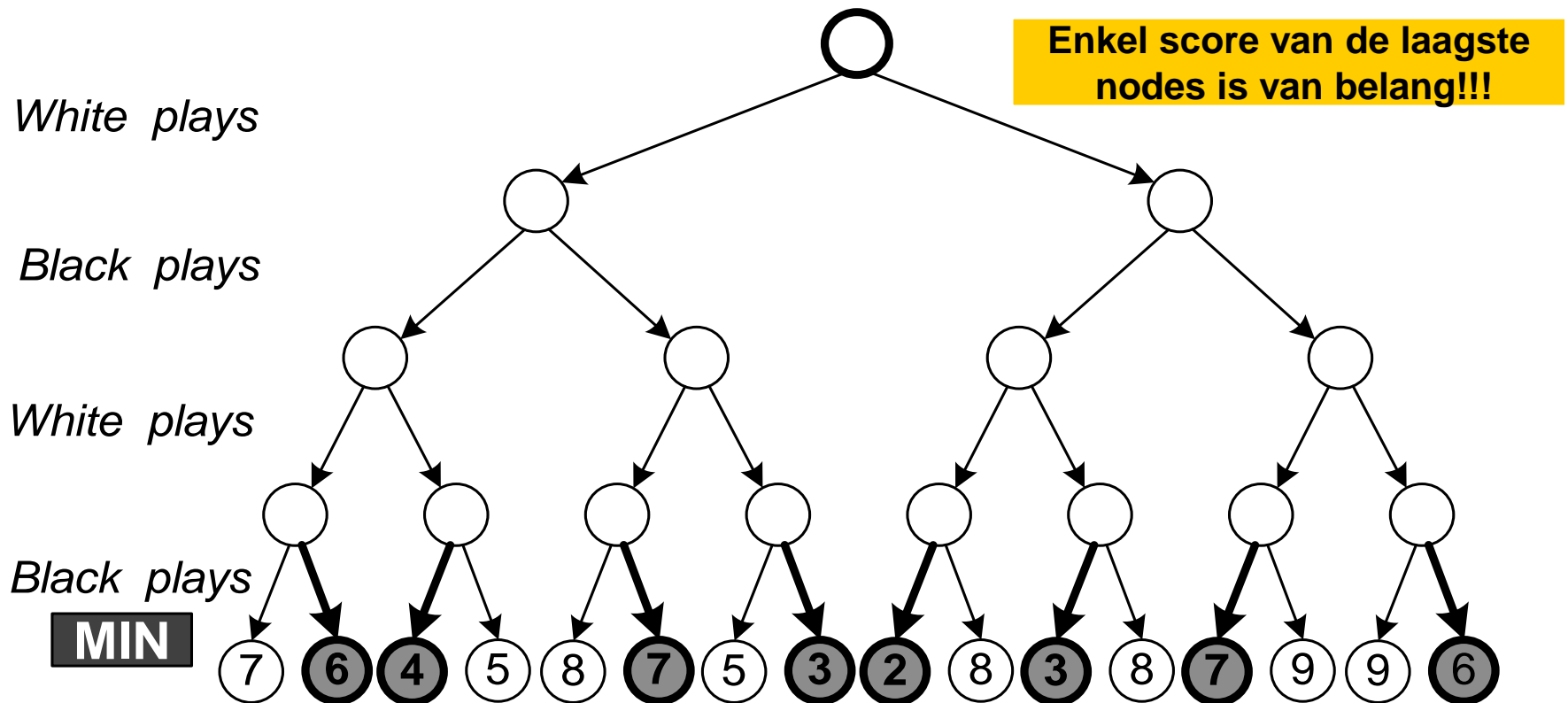
- ♦ Wit kiest nog steeds voor **rechts**, want zwart kiest dan voor **links** => score van 5. Als wit voor **links** koos zou zwart voor **links** kiezen => score van 3.
- ♦ Zwart kiest voor links, want daar kan wit slechts 7 behalen. Vervolgens kiest wit voor rechts want zwart kan daar slechts een **score van 3** behalen.





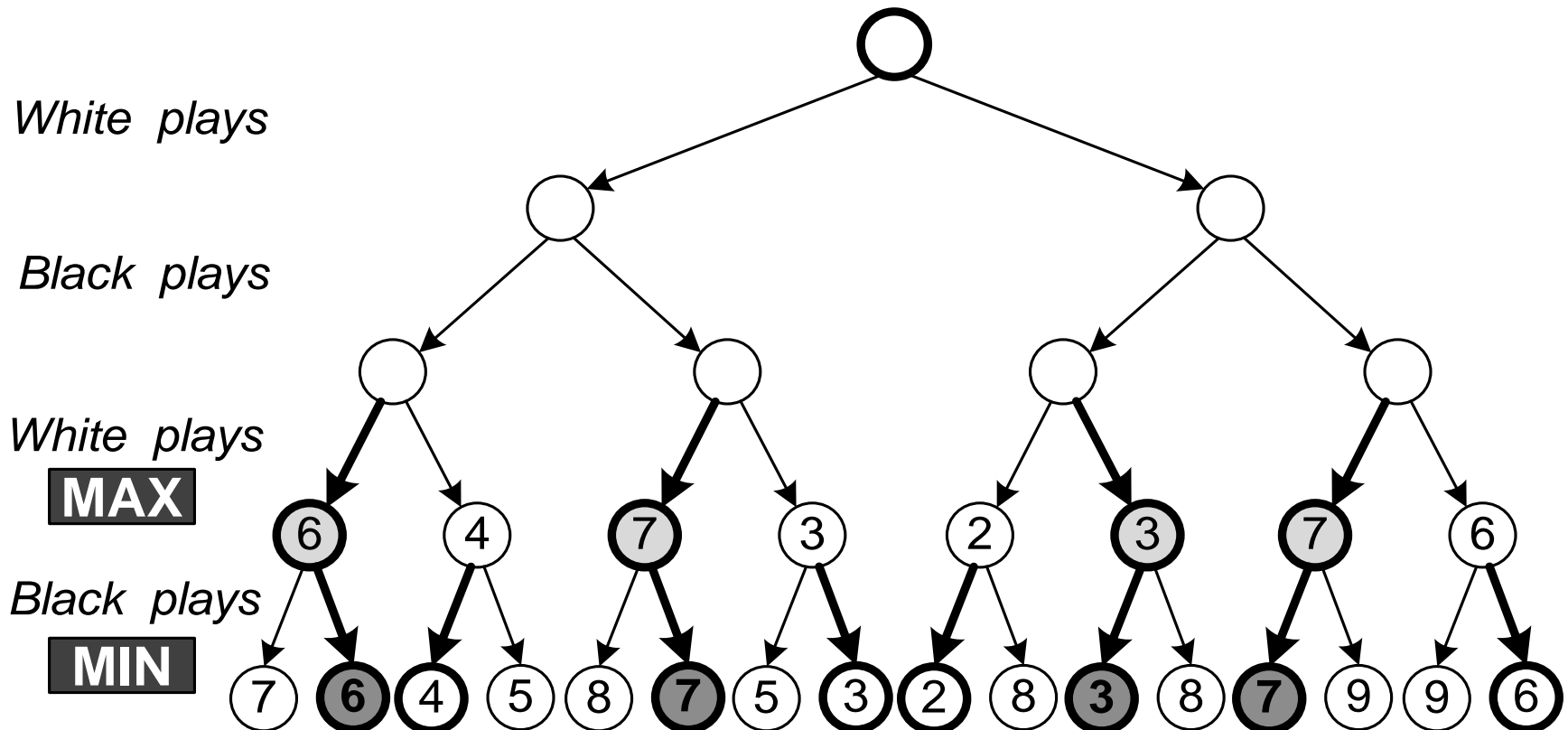
# Minimax: wat doet zwart?

- ◆ Kiest zet die score *minimaliseert*
- ◆ Horizon = 4

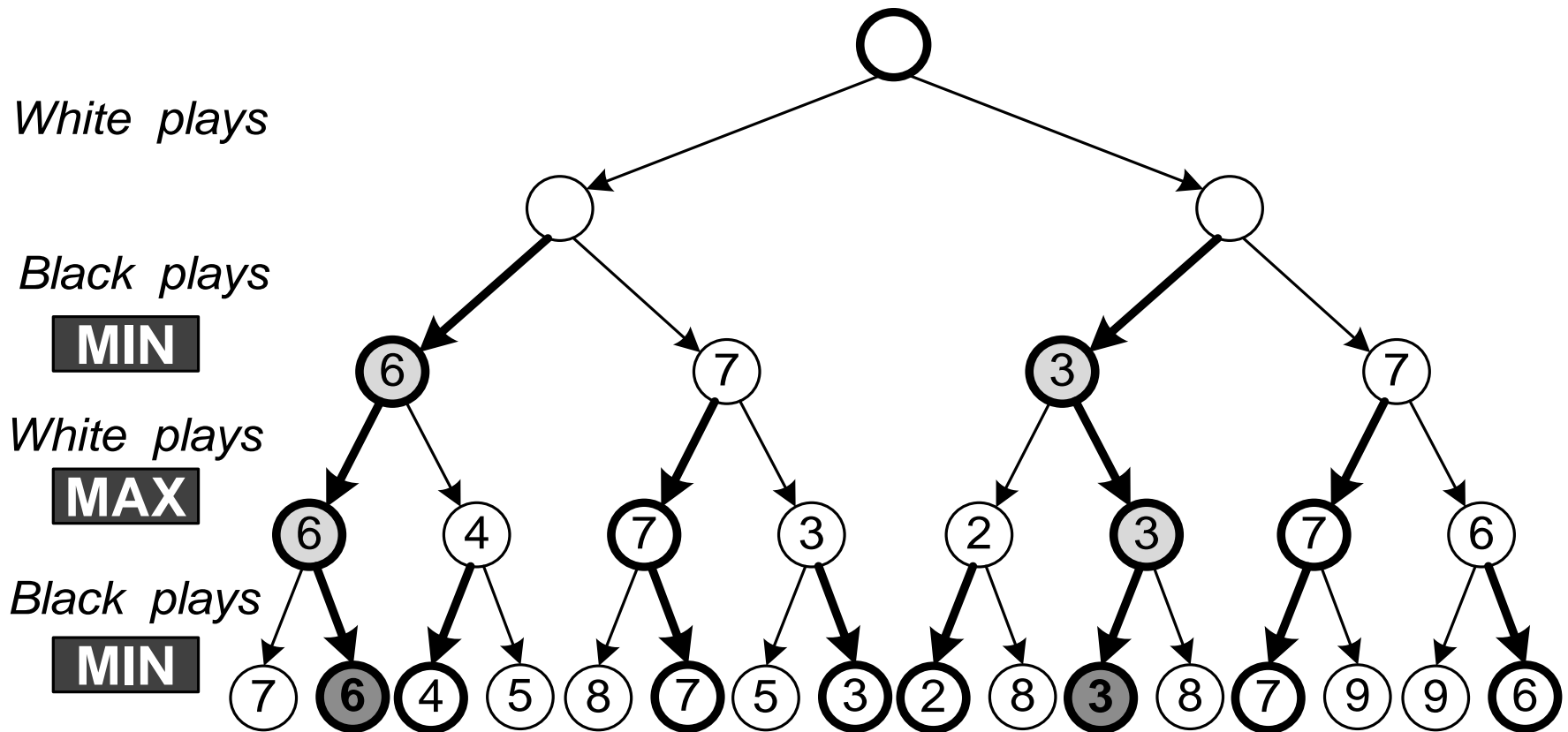


# Minimax: wat doet wit?

- ◆ Kiest zet die score *maximaliseert*

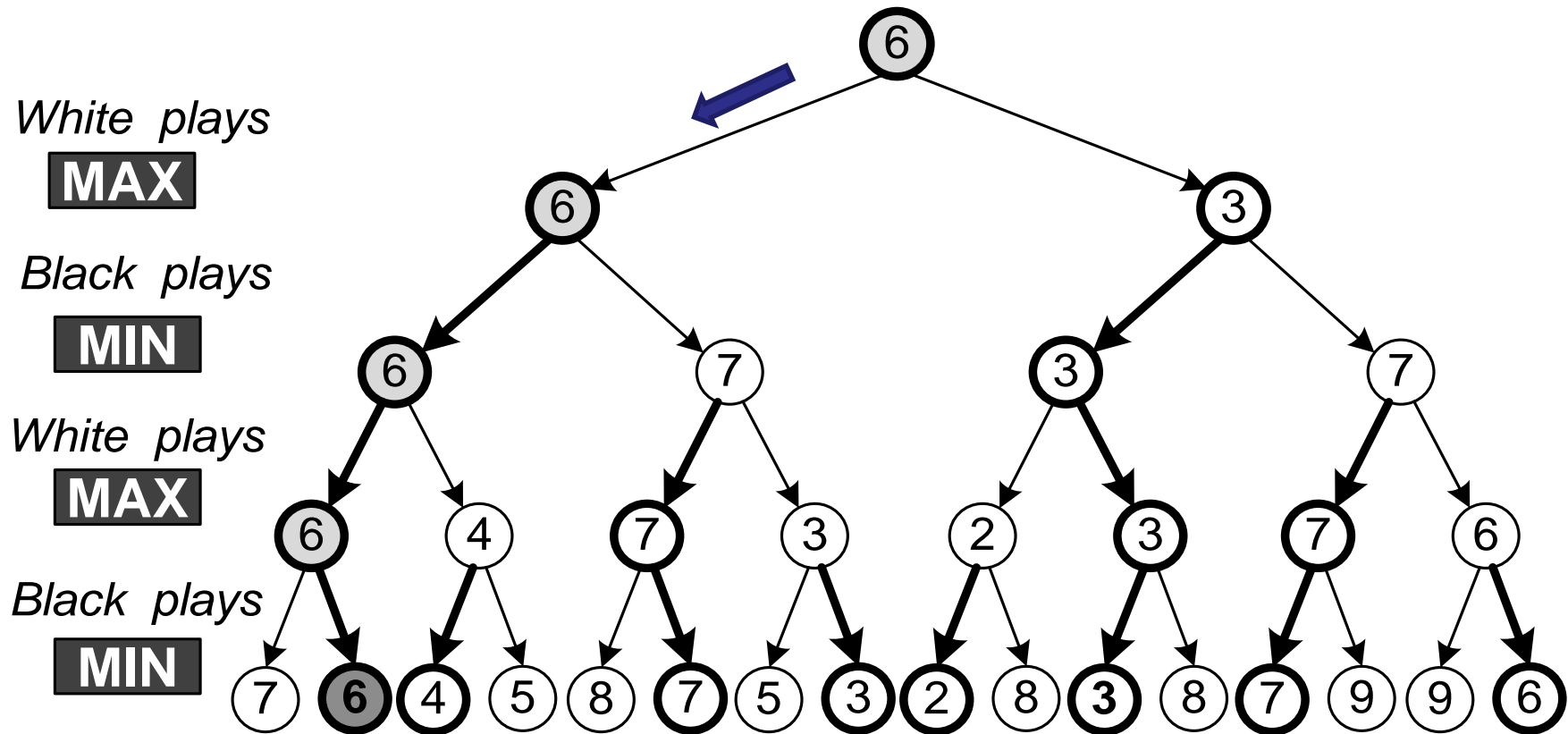


# Minimax: zwart



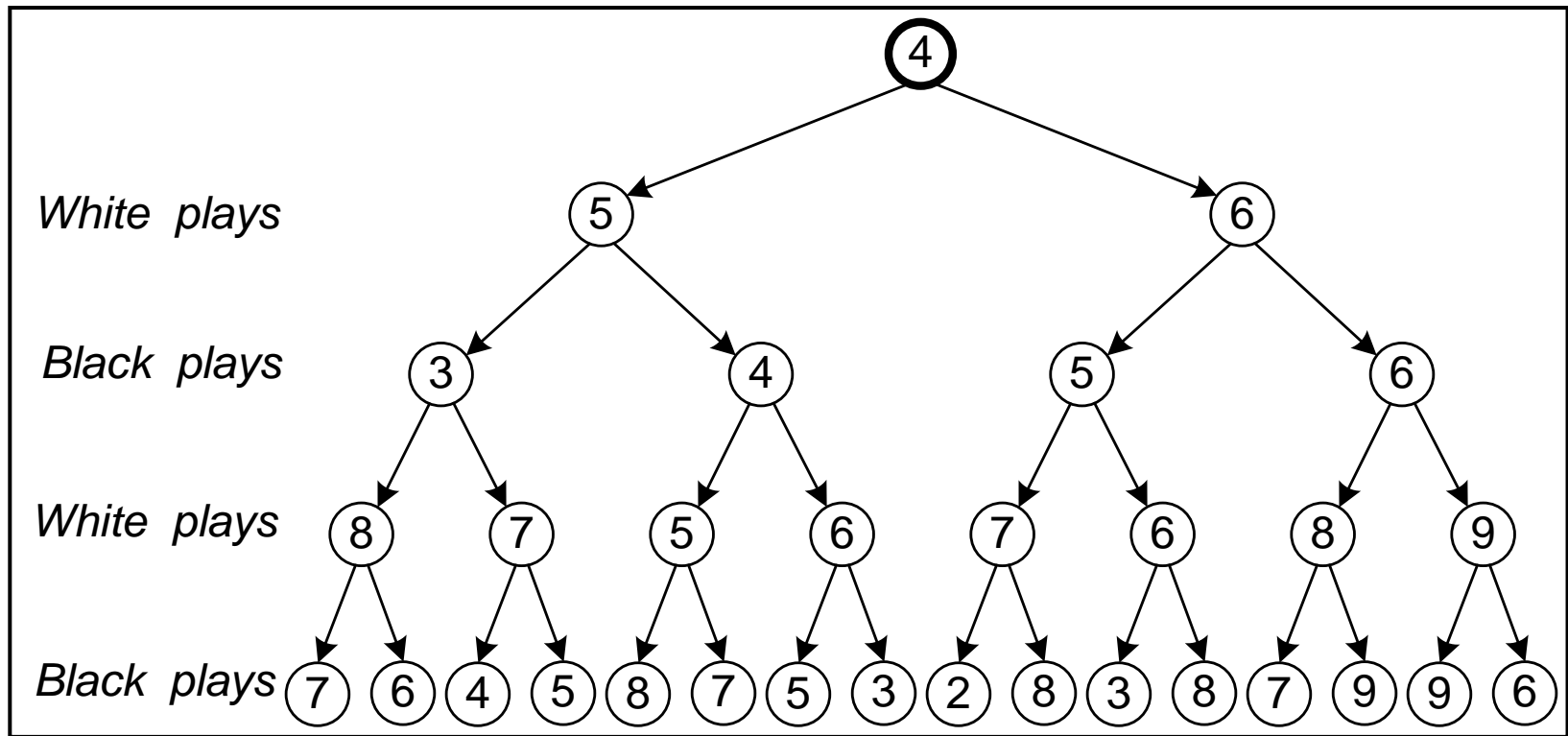
# Minimax: wit beslist

- 🔼 Links geeft score '6' (met horizon van 4)



# Wat gebeurt bij horizon = 3?

## ♦ Werk uit



# Snoeien van de boom

## ◆ 'Pruning'

- ✦ Alfa-beta pruning: als tegenstander beschikt over een succesvolle actiesequentie => geen zin om dit deel verder te bekijken

## ◆ Voor sommige situaties dieper gaan dan voor andere

- ✦ Gevaarlijke situaties en situaties met kansen op winst
- ✦ Regels die hierover beslissen



# Computer wint van Mens

- ◆ 1997: IBM's Deep Blue verslaat wereldkampioen Gary Kasparov
- ◆ Nadien enkele revanches van de mens, verschillende gelijke spelen, maar nu wordt geaccepteerd dat de computer sterker is
- ◆ Computerschaak
  - ✦ Brute-force search: veel rekenen, weinig 'redeneren'
    - Evalueert 200 miljoen posities per seconde
  - ✦ Niet goed in strategisch denken

# Is dit Artificiële Intelligentie?

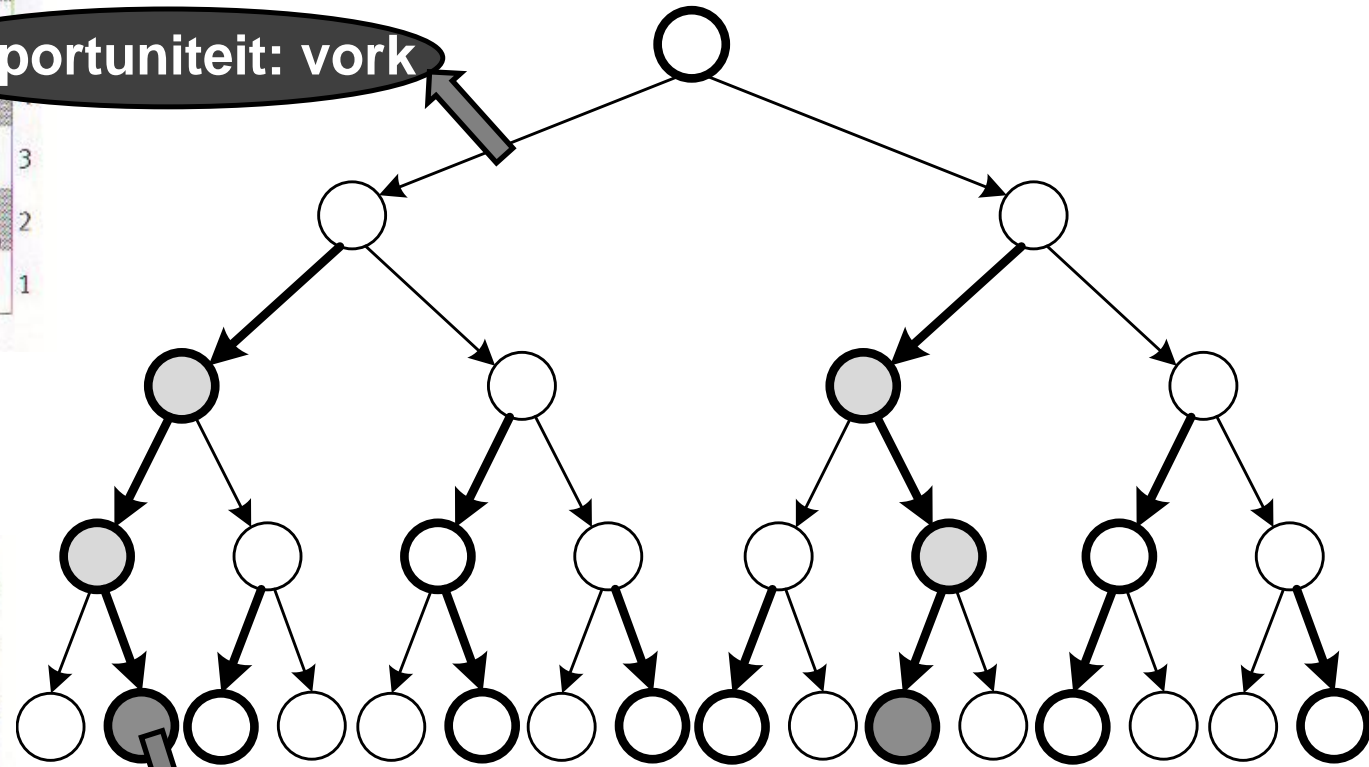
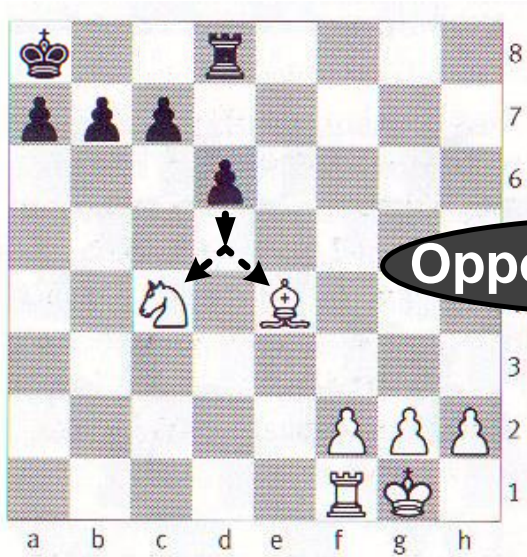
## ◆ Betwijfel het

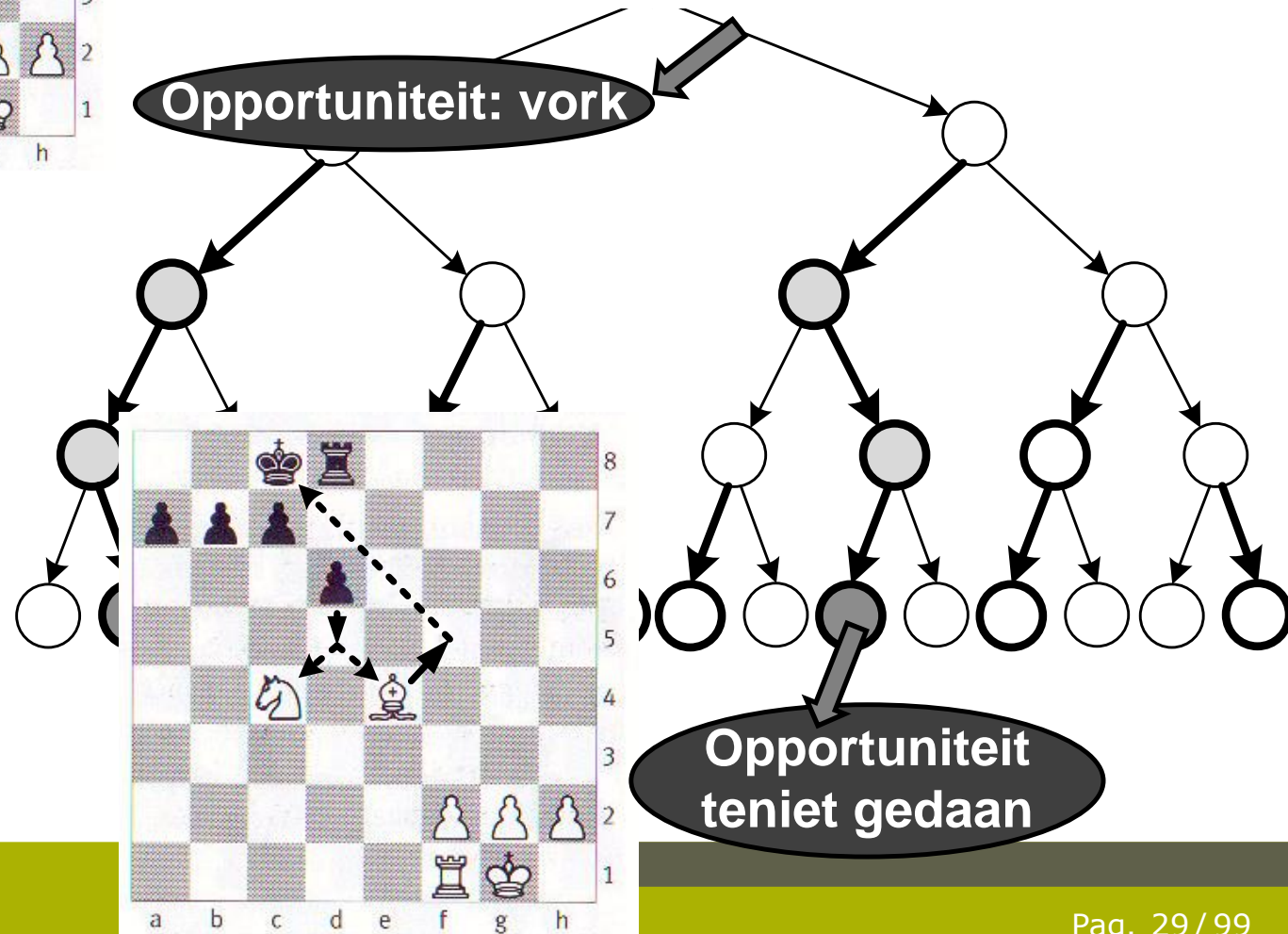
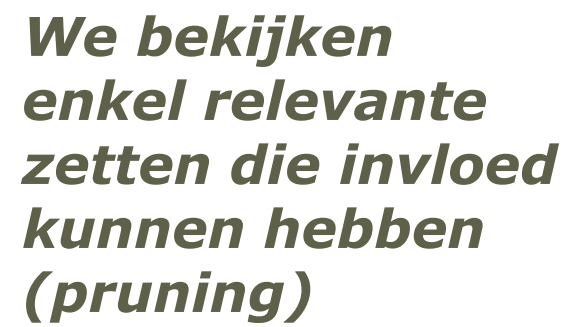
✦ Jan Lemeire, *An Alternative Approach for Playing Complex Games like Chess*, *Annual machine learning conference of Belgium and The Netherlands* (BeneLearn 2008), Spa, Belgium 2008. *zie mijn homepage*

## ◆ **Idee:** opportuniteit (patronen) – checken of einddoel gehaald kan worden – enkel branches nagaan die relevant zijn?

✦ *Gericht zoeken in boom mogelijk*



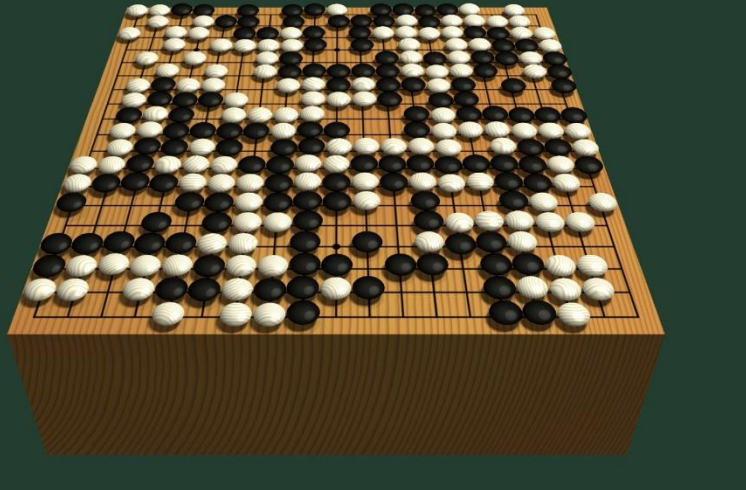




# Moeilijkheid: patronen

- ◆ ***"We bekijken enkel relevante zetten die invloed kunnen hebben (pruning)"***
- ◆ Wat zijn de relevante zetten? Hoe herkennen we ze?
- ◆ Patronen definiëren/herkennen

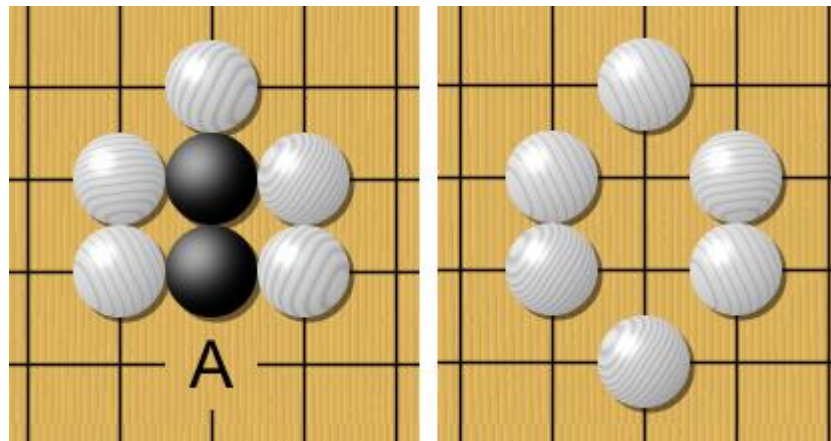
# Go



- ♦ Strategisch-tactisch bordspel **waarbij mens nog steeds wint van computer**
- ♦ Regel: als vijandelijke stukken zijn ingesloten

⇒ Weg

Hier: wit stukje  
op A plaatsen





# 16 maart 2016

## ◆ AlphaGo defeats Lee Sedol 4-1 in Google DeepMind Challenge Match







# Non-zero sum games

# Prisoner's dilemma

- ◆ Henry & Dave beschuldigd van misdrijf
- ◆ Rechter roept hen apart bij zich en vraagt hen *of de ander schuldig is*
- ◆ Antwoord bepaalt straf:

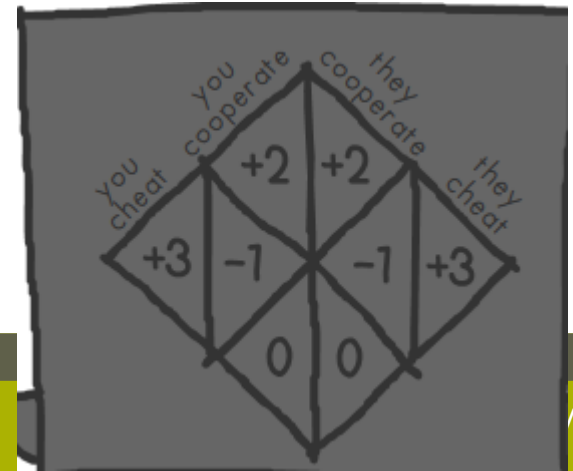
**Henry zegt over Dave**

		Henry	
		Not Guilty	Guilty
Dave	Not Guilty	 2 Years	 5 Years 1 Yr.
	Guilty	 5 Years 1 Yr.	 3 Years

**Dave zegt over Henry**

# Iterative Prisoner's dilemma

- ◆ Samenwerken of bedriegen? Iteratief toepassen!
- ◆ Op termijn speelt vertrouwen mee
  - ✦ Cf vertrouwen op het internet om iets te kopen van een vreemde...
- ◆ De basis van de *speltheorie* (game theory) in economie
  - ✦ Er is een win-win situatie, namelijk samenwerking!
- ◆ Zie <https://ncase.me/trust/>
  - ✦ Legt 'The Evolution of Trust' goed uit
  - ✦ Scores zijn een beetje anders:
  - ✦ Dankzij Louise Mattelaer (2021)









# Loopgrachtenoorlog

- ◆ Resulteerde in bestanden tussen de soldaten van beide kanten
  - ✦ Van akkoorden over eetpauzes tot afspraken over (ongevaarlijke) schietuurtjes om de officieren te plezieren (doen alsof er echt gevochten werd)
- ◆ Iterative prisoner's dilemma!!
  - ✦ Je kan het bestand schenden en de ander bij verrassing aanvallen
  - ✦ Maar op lange termijn heb je meer baat bij samenwerking
- ◆ De legerstaf moest maatregelen nemen om deze 'natuurlijke' evolutie tegen te gaan

# Iterative Prisoner's dilemma

- ◆ Samenwerken of bedriegen?
- ◆ Wat is beste strategie?
  - ✦ Toernooien worden gespeeld
  - ✦ Elk duel bestaat uit 100 opeenvolgende beslissingen
  - ✦ Winnaar: **oog-om-oog, tand-om-tand**

		<i>Volgende zet</i>	
		<b>Samen- werking</b>	<b>Verraad</b>
<i>Laatste zet tegenstander</i>	<b>Verraad</b>	0	1
	<b>Samen- werking</b>	1	0



**Leren**

# Oplossingsmethoden

- ◆ **Type 1:** De oplossing kan berekend worden met een formule (analytisch).
- ◆ **Type 2:** Je kunt de oplossing gericht zoeken of construeren (rechttoe-rechtaan).
- ◆ **Type 3:** Je gaat alle mogelijke actiesequenties af om een oplossing te vinden.
- ◆ **Type 4:** Door slimme keuzes (*heuristieken*) te maken, kan je verschillende actiesequenties uitsluiten.
- ◆ **Type 5:** Je leert al doende welke de juiste keuzes zijn.



# Computer leerde zichzelf Atari 2600-spelletjes

26 FEBRUARI 2015 | Dominique Deckmyn (<http://www.standaard.be/auteur/dominique-deckmyn>)

“Een computer van Google DeepMind heft zichzelf 49 spelletjes op de klassieke Atari 2600-console aangeleerd, en speelt nu even goed of beter dan een mens. Kinderspel? Allerminst. Misschien is het zelfs een doorbraak in artificiële intelligentie.”





# Leren: de theorie

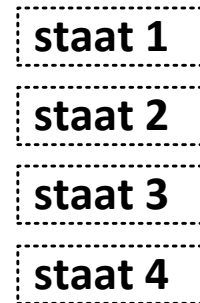
## ◆ Te definiëren

- ✦ de *mogelijke toestanden*
- ✦ de *mogelijke acties*
- ✦ de *beloning/straf*

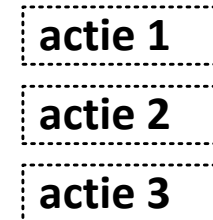
## ◆ Strategie

- ✦ Functie: staat  $\rightarrow$  actie

State space



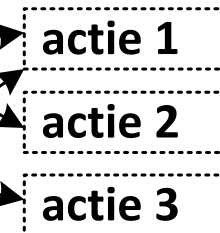
Action space



State space



Action space



# Reinforcement learning

## ◆ Matrix van gewichten bijhouden

✦ Gewicht geeft *effectiviteit* van actie aan

	actie 1	actie 2	actie 3
staat 1	4.1	3.8	6.7
staat 2	12.3	1.2	15.6
staat 3	8.7	10.2	0.2
staat 4	2.3	8.7	1.7

## ◆ Initieel: alle gewichten gelijk

✦ Exploratiefase: acties worden willekeurig gekozen

## ◆ Later: keuze $\sim$ gewicht ( $P(\text{actie}) \sim \text{gewicht}$ )

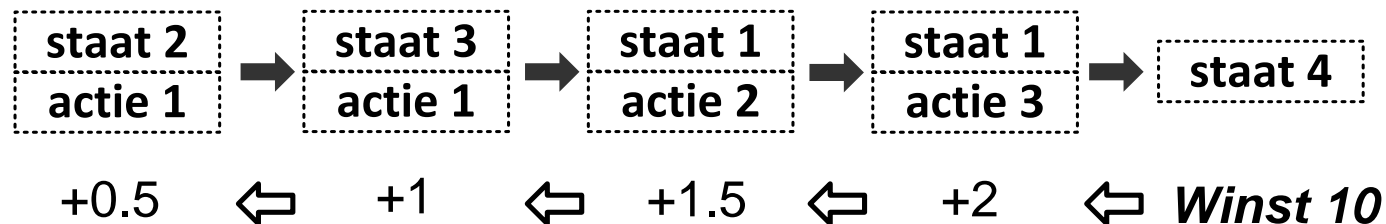
## ◆ Exploitatiefase: actie met grootste gewicht kiezen

✦ goed om soms andere acties te kiezen, want het spel kan dynamisch veranderen



# Reinforcement learning: update

- ◆ Als winst/verlies, de laatste acties belonen/afstraffen
  - ✦ eventueel met 'forgetting factor': kleinere aanpassing voor oudere acties



# AI op school

De standaard 23 maart 2019

GO! introduceert artificiële intelligentie in de klas

## Beter leren dankzij computerprogramma

Het GO! gaat in zee met een Brits bedrijf om artificiële intelligentie in de klas te brengen, op termijn voor alle gemeenschapsscholen.

**EVELINE VERGAUWEN**

BRUSSEL | Het M-decreet, maar ook de etnisch-culturele diversiteit, stelt scholen voor grote uitdagingen. Dat maakte de staking in het onderwijs nog maar eens duidelijk. Diversifiëren moet je leren. Maar leerkrachten van het gemeenschapsonderwijs krijgen binnenkort hulp, en wel van artificiële intelligentie. Samen met het Brits bedrijf Century Tech zal het GO! in de klas een AI-platform 'IXZO!' introduceren.

IXZO! zal het leerproces voor kinderen personaliseren. Leerlingen verschillen sterk van elkaar in intelligentie, interesses, doorzettingsvermogen, aandachtsspanne. Het platform 'leert' zelf al die

kenmerken over een leerling. Hoe meer een leerling met het platform werkt, hoe meer data het over de leerling ontvangt en hoe beter het leerproces gepersonaliseerd kan worden.

'Het programma leert hoe het kind leert, wat zijn gewoontes zijn, de zwaktes en sterktes', legt Alex Blackburn, woordvoerder van Century Tech uit. 'Het kind begint het programma te gebruiken, doet oefeningen, vult een test in, en zo wordt er een gedetailleerd profiel van het kind gemaakt.'

### Wiskunde

Elke leerling kan zo op een andere manier leren. 'Stel: een kind is goed in wiskunde, maar algebra blijft moeilijk. De machine weet dat, en zal geen basiswiskunde voorleggen aan het kind, maar zich focussen op eenvoudige oefeningen algebra.'

De leraar wordt niet overbodig, benadrukt het GO! 'Het is een

middel waardoor leerkrachten meer tijd krijgen om les te geven', zegt afgevaardigd bestuurder Raymonda Verdyck. 'Dankzij artificiële intelligentie wordt snel duidelijk welke leerling remediëring nodig heeft of extra uitdaging kan gebruiken. De bedoeling is om leerlingen op maat te begeleiden én de planlast voor leerkrachten te verlagen.'

In september starten 30 scholen met het platform, het doel is op termijn alle duizend scholen met IXZO! te laten werken.

Century Tech verzekert dat alle data geëncrypteerd en geanonimiseerd worden. 'We hebben de kwestie van privacy meegenomen in het aanbestedingsproces', verzekert Verdyck. 'We moeten daar verantwoordelijk mee omgaan. Wij bepalen ook de inhoud van het platform. De leerplandoelen, het vakdidactische en pedagogische houden wij in handen, Century Tech biedt het instrumentarium.'

Leerlingen voeren oefeningen uit met programma.

Het leert hoe goed een leerling het doet

=> Een vorm van reinforcement learning

# Iterative Prisoner's Dilemma

## Reinforcement learning

- ◆ Gebaseerd op  $n$  laatste zetten
  - ✦  $n=2$ : 16 mogelijkheden
- ◆ Gewicht voor de volgende zet aanpassen als tegenstander het omgekeerde doet
- ◆ **Leidt dit tot een goede strategie??**

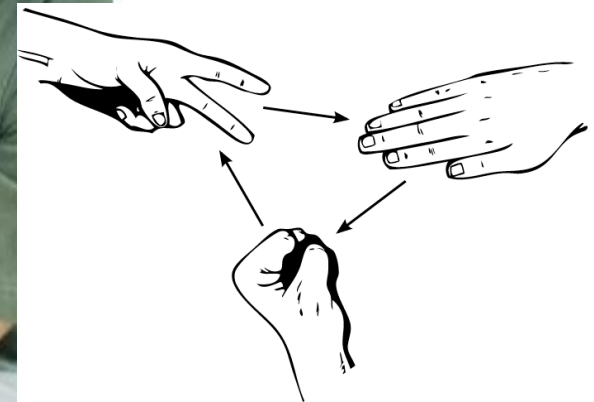
		Volgende zet	
		Samenwerking	Verraad
Laatste zetten	S/S S/V	4.1	3.8
	S/S S/S	12.3	1.2
	S/S V/V	8.7	10.2
	S/S V/S	2.3	8.7
	...		...
Als tegenstander		↑	↑
Verraad		-5%	+5%
Samenwerking		+5%	-5%



# Mijn masterproef

- ◆ De evolutie naar coöperatie
- ◆ Egoïstische robotjes leren samenwerken omdat het hun wederzijds voordeel oplevert (win-win)
- ◆ Mijn onderzoek: onder welke voorwaarden ontstaat er coöperatie?

# "Nooit meer verliezen met blad-steen-schaar"



"Mensen kiezen niet toevallig", dat was het vertrekpunt van de onderzoekers van de Chinese universiteit. Winnaars blijven vaak bij hun winnende keuze en als ze verliezen, veranderen ze volgens een cyclisch proces. Als je daarop gaat anticiperen, zou je de winnende formule hebben voor spelletjes zoals blad-steen-schaar.

Om het spel slim te spelen, kiest de speler dus best willekeurig zijn of haar handgebaar. Enkel zo blijft men onvoorspelbaar en kan de tegenstander niet anticiperen. Deze strategie, waarbij alle drie de acties dus in elke ronde met gelijke waarschijnlijkheid kunnen gekozen worden, staat bekend als het 'Nash-evenwicht'.

# Blad-steen-schaar

		<i>Volgende zet</i>		
		blad	steen	schaar
<i>Laatste zet</i>	bl – bl	4.1	3.8	3.6
	bl - st	12.3	1.2	1.8
	bl - sc	8.7	10.2	3.4
	st – bl	2.3	8.7	7.8
	st - st	4.1	3.8	3.6
	st - sc	12.3	1.2	1.8
	sc – bl	8.7	10.2	3.4
	sc - st	2.3	8.7	7.8
	sc - sc	4.1	3.8	3.6

◆ Enkel laatste zet beschouwen: 9x3 gewichten

# Patroon gebruiken

		<i>Volgende zet</i>		
		verander	blijf	random
<i>Laatste zet</i>	winst	14.1	3.8	3.6
	verlies	14.3	1.2	1.8
	gelijk	11.7	1.2	8.4

◆ Slechts 9 gewichten te leren

# Minimax: Leren van evaluatiefunctie

- ◆ Net zoals bij de schuifpuzzel kunnen we onmogelijk voor elke situatie de beste actie leren
- ◆ Wel mogelijk:
  - ✦ Aanpassen van parameters met behulp van feedback (winst of verlies)
  - ✦ Voorbeeld: gewichten van de score-functie, aangezien deze uit meerdere delen bestaat.
  - ✦ Zoals evaluatiefunctie van schaken



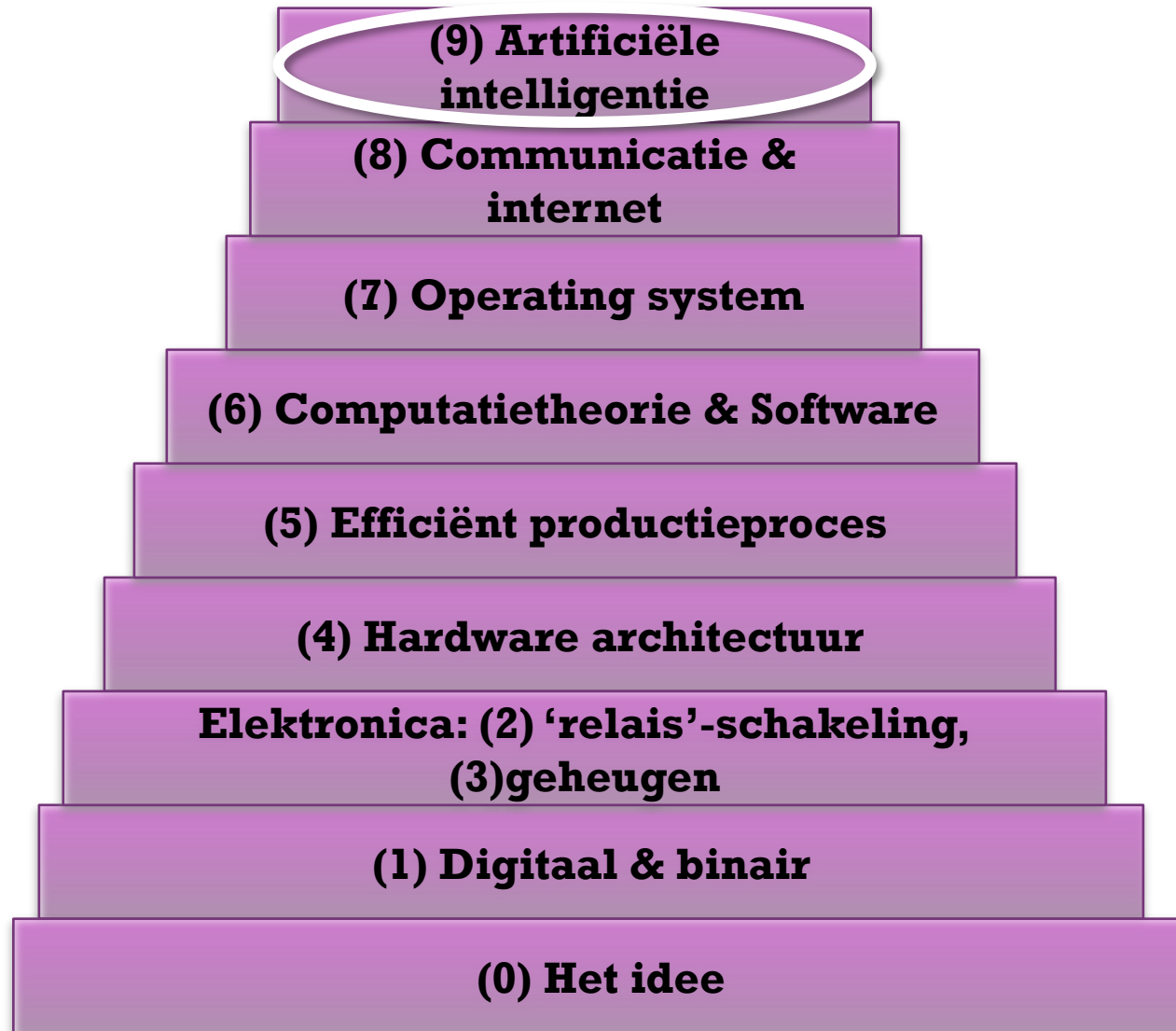
# Probleem: explosie van staten

- ◆ Stel: voor elke toestand (staat) willen we beste zet leren
- ◆ Schuifpuzzel: 9! mogelijke configuraties
  - ✦ Schaken: nog groter
  - ✦ Te veel mogelijkheden om voor elke toestand de beste actie te leren (mapping van staat op actie)!
- ◆ **Mogelijke oplossing:** *abstracte regels gebruiken*
  - ✦ Als  $X$ , doe actie  $Y$
  - ✦  $X$ : eigenschap van staat
    - Patroon: geldt dus voor meerdere staten!
  - ✦ Leren van relevantie van regels (zie scorefunctie)



# Hoofdstuk 9: Artificiële intelligentie

# Waarmaken van Leibniz's droom





Film 1968





# Computer HAL



# **Artificiële Intelligentie, de grote uitdaging**



**“Is er een machine die even slim of zelfs slimmer is als de mens!?”**

**Zal die er weldra zijn?”**

**Op examen volgende vragen kunnen beantwoorden,  
liefst met een eigen onderbouwde visie:**

- **Wat is volgens u intelligentie?**
- **Is de huidige computer al intelligent?**
- **Zijn we al goed op weg naar een intelligente computer?**
- **Wat verwacht je in de nabije toekomst?**

***Wees redelijk eigenzinnig***

# Onderzoeksdomeinen in de AI

## ◆ Twee belangrijke types AI-algoritmen

- ✦ **Type A**: Patronen herkennen in gegevens
  - Gebaseerd op leren uit grote hoeveelheden data
  - Maakte recent een grote sprong voorwaarts met de ontdekking van *deep learning*
- ✦ **Type B**: Symbolisch rekenen, gebaseerd op symbolen = tekens die een betekenis (semantiek) hebben
  - Was lang de voornaamste tak van de AI, maar zonder grote doorbraken

## ◆ Nog andere:

- ✦ Reinforcement learning (zie hoofdstuk 5 van deel II)
- ✦ Multi-agent systems
- ✦ ...



# AI type (A) toepassingen

## ◆ Stemherkenning

- ✦ Herkennen wat je zegt lukt redelijk momenteel
- ✦ Maar herkennen **wie** spreekt, kan computer niet. Of de emoties in je stem herkennen

## ◆ Objectherkenning

- ✦ **Voorbeelden:** security, gezichtsherkenning in facebook, verkeersbordherkenning, nummerplaatherkenning bij ingang VUB
- ✦ Echter moeilijk bij slecht weer, donkerte, occlusie, ...

## ◆ Gebaseerd op het trainen van modellen met voorbeelden

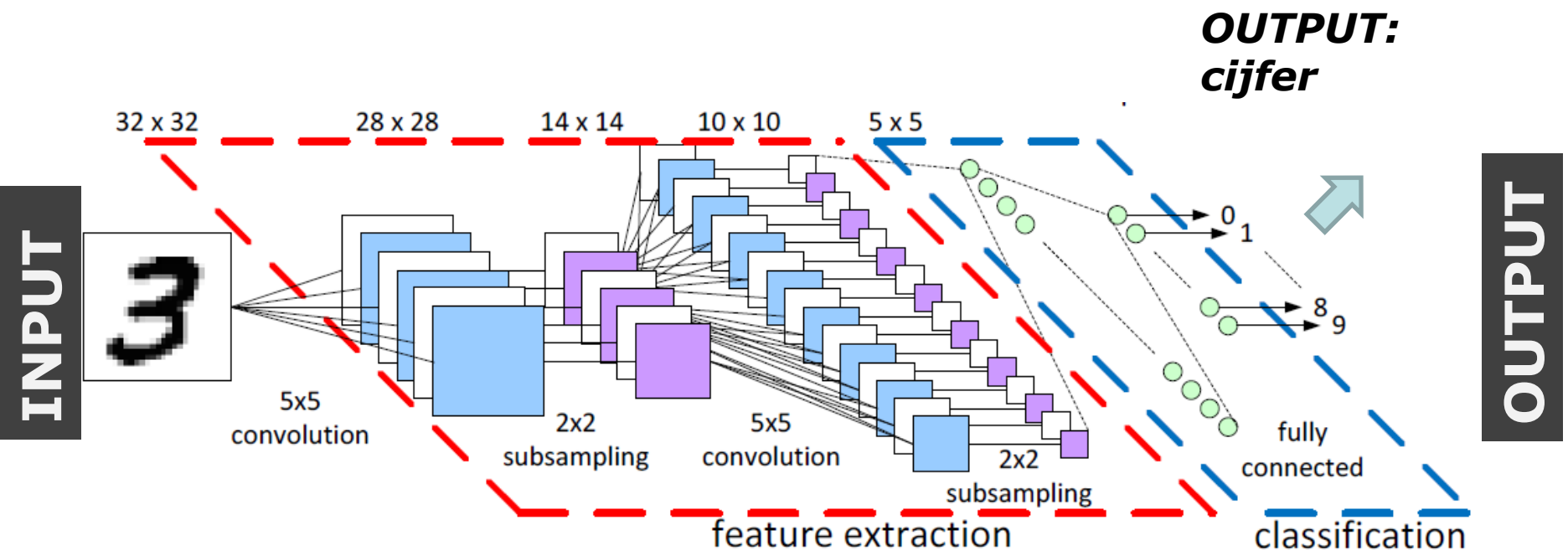
- ✦ **Veel training data nodig!!** Data is nu het nieuwe 'goud'
- ✦ Door het taggen van vrienden in foto's op Facebook hebben we Facebook aan die data geholpen!
- ✦ Met je getrouwheidskaart van de supermarkt verzamelen ze data over je koopgedrag
- ✦ Ook Facebook kent onze voorkeuren goed
  - Gebruikt tijdens verkiezingen om politieke keuze te beïnvloeden!

# Automatische verkeersbordherkenning in de auto



# Type (A): Verkeersbordherkenning

Met een **neuraal netwerk** (gebaseerd op hoe hersens werken)



Zo'n neuraal netwerk is ook de basis van '**deep learning**'. De gewichten van het hele netwerk worden geleerd, ook die van de diepste lagen.

Lobe.ai: <https://www.youtube.com/watch?v=IN69suHxS8w>



# Computer leerde zichzelf Atari 2600-spelletjes

“Een computer van Google DeepMind heeft zichzelf 49 spelletjes op de klassieke Atari 2600-console aangeleerd, en speelt nu even goed of beter dan een mens. Kinderspel? Allerminst. Misschien is het zelfs een doorbraak in artificiële intelligentie.”

Gebaseerd op ‘deep learning’,  
de grote hype van het moment



***De Standaard – 26 februari 2015***

# Algemene versus specifieke intelligentie

## ◆ **Narrow/weak AI**

- ✦ Kan 1 welbepaalde taak succesvol uitvoeren
- ✦ Het leeralgoritme van Google Deepmind:
  - heeft veel tijd nodig om te leren aan de hand van veel voorbeelden (training data)
  - kan de resultaten niet extrapoleren van één spel naar een ander.
- ✦ Goede resultaten behaald, maar noem ik eerder *slimme* dan *intelligente* algoritmen.
- ✦ Modellen worden incrementeel verbeterd, maar volgens mij zullen ze nooit intelligentie bereiken. En zeker niet:

## ◆ **General/strong AI**

- ✦ “= the ability to learn and apply its intelligence to solve *any* problem”
- ✦ Hierin staan we nog nergens...

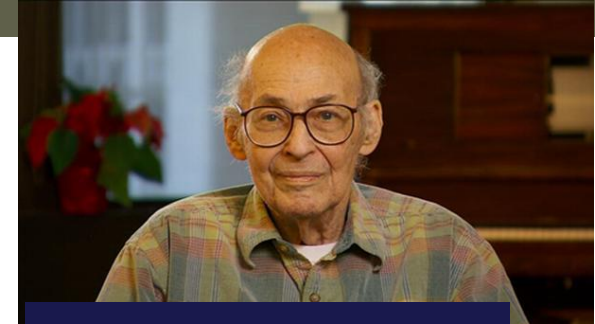
# Hoe bekomen we intelligentie?

## Marvin Minsky

- ◆ Founding father of AI
- ◆ Ontdekker van artificiële neurale netwerken

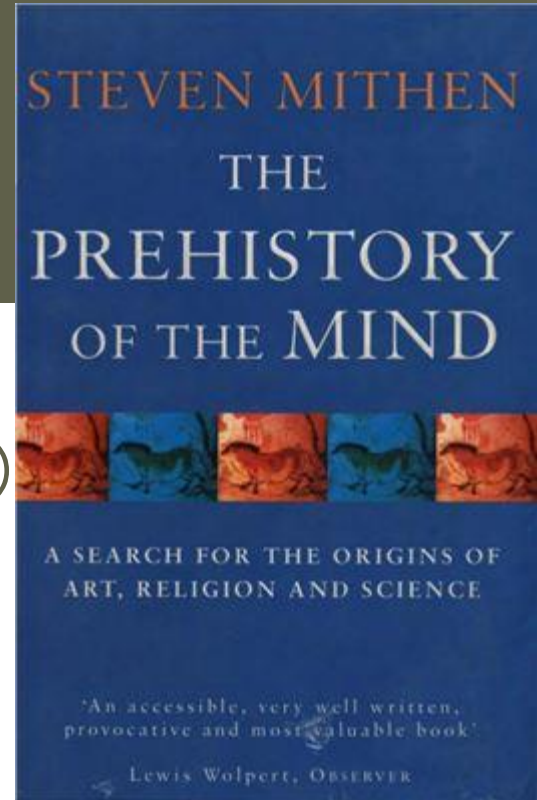
### ◆ The Society of Mind theory

- ✦ Intelligentie ontstaat uit het samenvoegen van vele 'domme' building blocks die elk iets kunnen. Het geheel wordt intelligent.
- ✦ Ga je zo van Narrow AI naar General AI?
  - Open vraag
  - *Ik denk het niet, iets algemeen nodig om intelligent met kennis om te gaan*



**Marvin Minsky**  
**1927-2016**

# Steven Mithen



- ◆ Mens initieel: modulair denkend (hokjesdenken)
  - ✦ Zoals een Zwitsers zakmes: voor elke taak bestaat er een eigen geïsoleerd systeem
- ◆ Homo Sapiens wordt gekenmerkt door cognitieve vloeibaarheid ('cognitive fluidity')
  - ✦ De barrières tussen de modules zijn weg, hersens zijn minder gecompartmenteerd
- ◆ Om van 'Narrow' naar 'General AI' moeten we niet enkel alles samenvoegen, maar ook nood aan:
  - ✦ Creativiteit, gebaseerd op analogieën en metaforen

# AI: type (B) toepassingen

## ◆ Redeneren, logische systemen

- ✦ Gebaseerd op symbolen
- ✦ Wat Leibniz voor ogen had (zie eerste hoofdstuk)
- ✦ Gerelateerd aan taal
  - Begrijpen van onze, natuurlijke taal is ook nog een grote uitdaging. Voor ons geen probleem, voor computers onbegrijpbaar
- ✦ Expertsystemen: neerschrijven kennis met de logica

## ◆ Semantische web

- ✦ Ipv louter informatie, moet de webserver ook de *betekenis* (= *semantiek*) van de informatie begrijpen
  - Voorbeeld: je moet telkens je gegevens invullen omdat op een website je adres zo gespecificeerd is en op een andere website weer anders. De *betekenis* van je gegevens ontgaat de server.
- ✦ Informatie omzetten in kennis
- ✦ Zodat webserver met elkaar kunnen communiceren



# Semantische Web



**Tim Berners-Lee**

- ✦ De uitvinder van het internet
- ✦ 1989: maakte de eerste webserver (http) en browser (html) samen met de Belg **Robert Cailliau**

- ✦ 1999: dacht verder:

"I have a dream for the Web [in which computers] become capable of analyzing all the data on the Web – the content, links, and transactions between people and computers. A 'Semantic Web', which should make this possible, has yet to emerge, but when it does, the day-to-day mechanisms of trade, bureaucracy and our daily lives will be handled by machines talking to machines. The 'intelligent agents' people have touted for ages will finally materialize."

# Type (B) Google translate

- ◆ Vertalingen: hoe goed/slecht is Google Translate?
  - ✦ Kent hij verschil tussen "The electrician is working" en "The telephone is working"?
  - ✦ Intussen wel, maar complexere ambiguïteiten kan hij niet onderscheiden
- ◆ Google translate is gebaseerd op type (A) oplossing
  - ✦ Leren uit grote hoeveelheden data, namelijk documenten die door mensen vertaald zijn.
  - ✦ Pure statistiek en recent ook neurale netwerken.
  - ✦ Heeft geen model van grammatica, syntax of semantiek (betekenis)
- ◆ Resultaat: het idee van de zin (de essentie/pointe) ontgaat hem

# Type (B) IBM's Watson

- ◆ IBM's supercomputer Watson
  - ✦ Kent de hele Wikipedia van buiten (en andere bronnen) en zocht naar verbanden
  - ✦ => won de Amerikaanse TV-kwis *Jeopardy!* tegen de beste Amerikaanse (menselijke) kwissers!
  - ✦ Watson was getraind met duizenden antwoorden van *Jeopardy!* Waarbij ook de waarheid was aangegeven
- ◆ Wordt nu ingezet in de medische wereld (als diagnosesysteem)
  - ✦ Leerde de hele corpus van medische literatuur
  - ✦ IBM CEO Rometty zei: "AI is real, it's mainstream, it's here, and it can change almost everything about health care."
- ◆ Maar: beperkingen kwamen naar boven
  - ✦ Heeft het moeilijk met ambiguïteiten
  - ✦ Kan subtiele aanwijzingen niet oppikken, terwijl een arts dat wel doet
  - ✦ Begrijpt extra inzichten niet uit nieuwe wetenschappelijke bevindingen
- ◆ Watson wel goed als veredeld opzoekinstrument (search engine zoals Google dus)...

# Type (B) Algemene, intuïtieve kennis / gezond verstand

- ◆ Computers hebben vooral moeite met algemene, intuïtieve kennis (common sense) die voor ons evident is
  - ✦ "Mijn moeder is ouder dan mij"
- ◆ CYC (began in 1984): alle algemene kennis opschrijven met logische regels
  - ✦ Intussen al 25 miljoen beweringen (lemma's)
  - ✦ Nog steeds onvoldoende om al onze intuïtieve kennis te beschrijven!
  - ✦ Terwijl wij, mensen, die kennis als 'vanzelf' weten/aanleren
- ◆ Old-school expert systemen falen ook...
- ◆ "The absence of common sense prevents intelligent systems from understanding their world, behaving reasonably in unforeseen situations, communicating naturally with people, and learning from new experiences. Its absence is considered the most significant barrier between the narrowly focused AI applications of today and the more general, human-like AI systems hoped for in the future."

# Wat is intelligentie?

- ◆ **Wikipedia:** abstract thought, understanding, self-awareness, communication, reasoning, learning, having emotional knowledge, retaining, planning, and problem solving.
- ◆ Is taal noodzakelijk voor intelligentie?
- ◆ Begrijpen lijkt noodzakelijk! Maar wat is *begrijpen*?
  - ✦ Zie mijn analyse van menselijk schaken [Deel II hoofdstuk 5]
  - ✦ *Maar:* computers tonen aan dat *competentie kan zonder begrip*. Een volmaakte en mooie rekenmachine hoeft niet te weten wat rekenen is!

*Er is nog geen eenduidige definitie van intelligentie!*

- ◆ En wat is bewustzijn?
  - ✦ Gerenommeerd filosoof Daniel Dennet schreef hierover 'Van Bacterie naar Bach en terug' in 2017. Staat in VUB-Bibliotheek.

# Turing Test (1950)

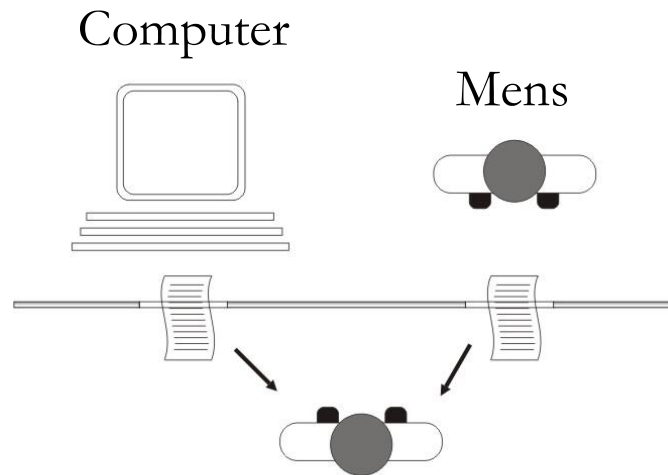


**Alan Turing**  
**1912-1954**

◆ 'Can machines think?'

✦ Artificiële intelligentie...

◆ Kunnen we verschil maken tussen mens en computer?



Omdat er geen duidelijke definitie bestaat over wat intelligentie inhoudt en wij als mens prototype zijn van intelligentie, bedacht Turing een test. Door vragen te stellen tracht je te ontdekken of er achter het scherm een computer of mens bevindt. Als we geen verschil meer kunnen maken, kunnen we de computer intelligent noemen.



# Turing test

- ◆ <http://www.turinghub.com/>
- ◆ <http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html>
  - ✦ Je kan je intelligent programma opladen
  - ✦ 100.000 dollar als je programma slaagt voor de Turing test
- ◆ <http://cleverbot.com/>
  - ✦ Communiceer je met een computer of met een mens?



# Turing test for bots

- ◆ “The idea is to evaluate how we can make game bots, which are Non-Player Characters (NPCs) controlled by AI algorithms, appear as human as possible.”
- ◆ Unreal Tournament 2004 (results)
  - ✦ tournament against one another and about an equal number of humans
  - ✦ tag opponents as human or bot.





PRESS FIRE TO VIEW A DIFFERENT PLAYER



NOW VIEWING

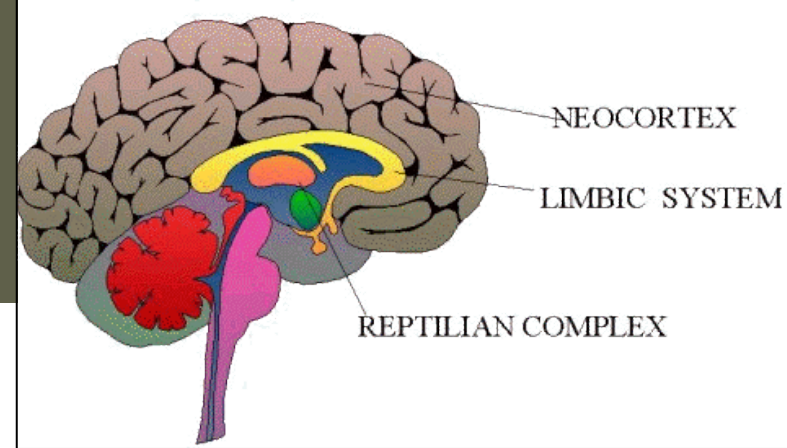
Teddy

SCORE

0

# Piet Vroon

(professor psychologie uGent)



## ◆ Drie soorten hersens

- ✦ **Instinct** (Hersenstam/hypothalamus - reptielenhersen)
- ✦ **Conditionering** (Limbisch systeem - zoogdierenbrein)
- ✦ **Intelligentie** (Neocortex – meest recente hersens)

## ◆ Evolutie van de mens

- ✦ 1 miljoen jaar geleden: evolutionaire sprong (vuur – werktuigen)
- ✦ 50.000 jaar geleden: finale evolutionaire sprong (taal?)

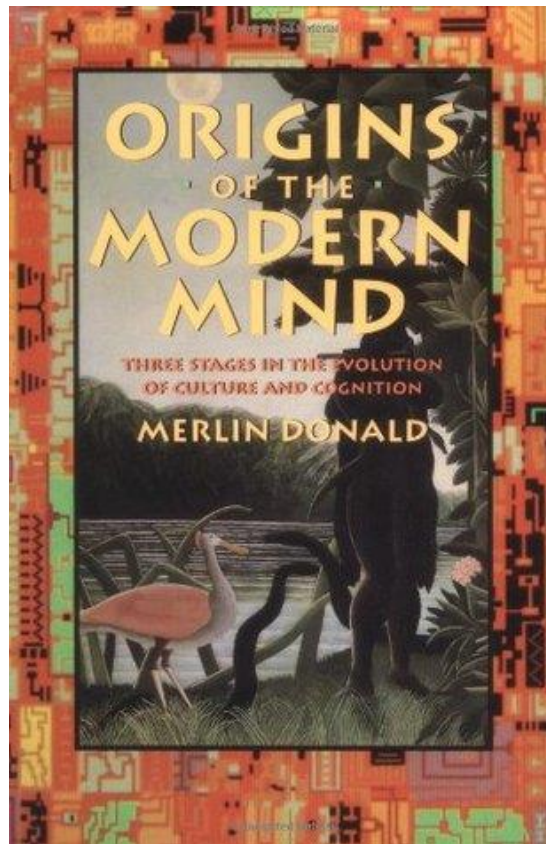
## ◆ Geest is federatie van delen

- ✦ Onze daden zijn gevolg van combinatie van 3 hersens



# The evolution of the human's cognitive capacities

*Hoe de menselijke intelligentie ontstaan is, via welke tussenstappen is nog een groot raadsel...*



**Merlin Donald, 1991**

Merlin Donald doet een poging.

Combineert feiten uit:  
Archeologie  
Neurologie  
Taalwetenschappen  
Evolutiebiologie  
Informatica

...

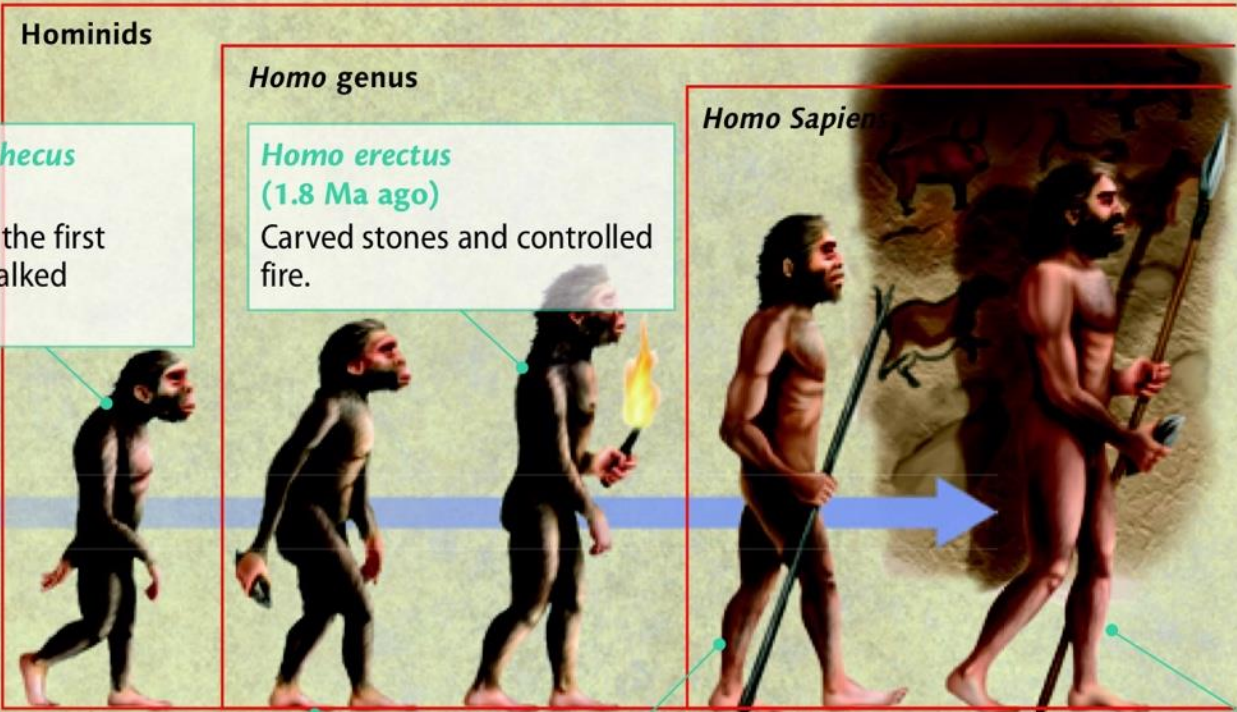


*Dryopithecus*  
Most distant ancestor of hominids

*Australopithecus*  
(6 Ma ago)  
Considered the first hominid. Walked upright.

*Sivapithecus*  
Origin of anthropomorphic monkeys and hominids

*Homo habilis*  
(2.5 Ma ago)  
Used rudimentary tools and instruments made of stone.



*Homo erectus*  
(1.8 Ma ago)  
Carved stones and controlled fire.

*Homo sapiens neanderthalensis*  
(200 000 years ago)  
Made a great variety of specialised tools from stone.

*Homo sapiens sapiens*  
(Cromagnon)  
(40 000 years ago)  
Same physical aspect as present-day humans. Created cave paintings and stone carvings.

↑  
*Episodische cultuur*

↑  
*Nabootsende cultuur*

↑  
*Mythische cultuur*

↑  
*Kennis-cultuur*

4 grote sprongen in evolutie van de mens

# De ontwikkeling van onze hersens

- ◆ **Episodische cultuur** (zoogdieren en vogels): gebeurtenissen (events) herkennen en linken aan actie ( = conditionering  $\approx$  reinforcement learning)
- ◆ **Nabootsende cultuur**: vaardigheden (vervaardigen werktuigen) leren door imitatie
  - ✦ Elkaar begrijpen door gebaren, kreten en herkennen van emoties (gelaatsuitdrukkingen en 'timbre' van stem)
- ◆ **Mythische cultuur**: taal voor communicatie en overdracht van 'mythes'
- ◆ **Kenniscultuur**: door schrift (ook wiskundige notaties)

*Elke cultuur zorgt voor een nieuwe laag hersens. De oude blijven bestaan!*

# Mijn aanpak

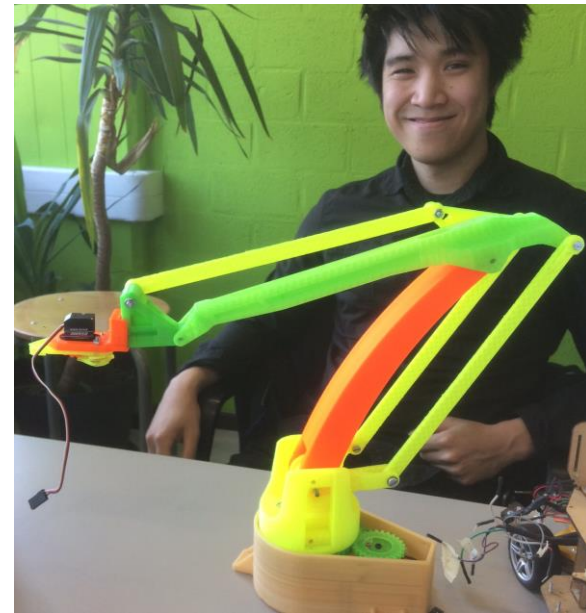
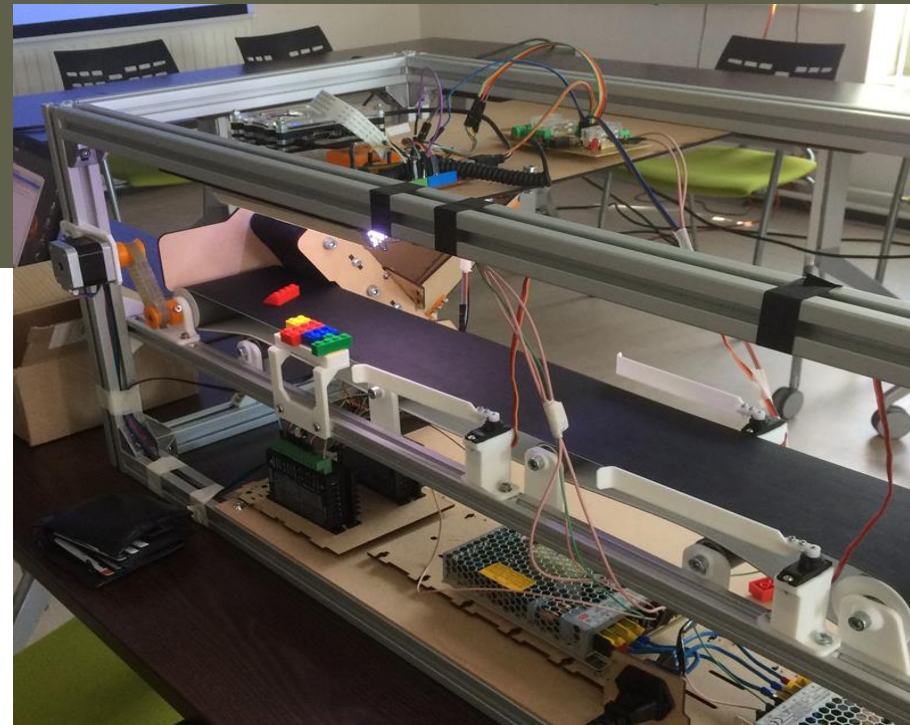


- ◆ Het wetenschappelijke enigma van intelligentie was mijn drijfveer om informatica te gaan doen!
  - ✦ Als we intelligentie kunnen nabootsen (programmeren) zullen we intelligentie pas echt begrijpen
- ◆ Computer modellen van de wereld laten maken, patronen & regulariteiten leren herkennen en deze actief gebruiken.
- ◆ Via het visuele
  - ✦ *Hypothese*: tussenstap (missing link?) naar intelligentie is bij de mens gebeurt via het volledig uitbuiten van zijn visuele capaciteiten om 3D-modellen van zijn omgeving te leren. Taal is pas nadien gekomen.
  - ✦ Huidige algoritmen kunnen (na leren) een olifant herkennen, maar zien niet dat hij bijvoorbeeld 3 ogen heeft of andere eigenaardigheden.
- ◆ Toepassing: legoblokjes
  - ✦ Zijn duidelijk gestructureerd, niet al te complex, maar toch genoeg mogelijkheden (tot combineren)



# Legoblokjes

- ◆ Herkennen op vorm
  - ✦ Sorteermachine! Bestaat nog niet
- ◆ 3D-model van maken startend met 2D afbeeldingen
- ◆ Grijpen van blokjes adhv camerabeelden
- ◆ Bouwen
- ◆ ...



# Conclusie voor ingenieur

- ◆ Er is gespecialiseerd onderzoek naar A.I. dat geleid heeft tot goede resultaten voor zeer specifieke taken (**Narrow AI!**).
- ◆ Maar meestal is engineering nog noodzakelijk
- ◆ Meestal zijn simpele, slimme oplossingen even goed
- ◆ Blijf kritisch ("redelijk eigenzinnig")
- ➔ Gebruik je eigen intelligentie en ingenioziteit om adequate oplossing te vinden

Helen Greiner (2015): "in de AI worden we om de 5 jaar heen en weer geslingerd tussen het idee dat de technologie op het punt staat de wereld te veroveren, en de totale teleurstelling."