OPGAVE 1: TSP – ROUTE LANGS 500 STEDEN

a) Op Blackboard is het python script tsp_start.py te vinden. Breid dit programma uit met een Nearest Neighbor (NN) algoritme, zodat een route wordt berekend langs alle steden. Dit kan in ongeveer 10 regels. Test het programma met 10 steden. Hoeveel procent ligt het resultaat van NN af van de optimale route?

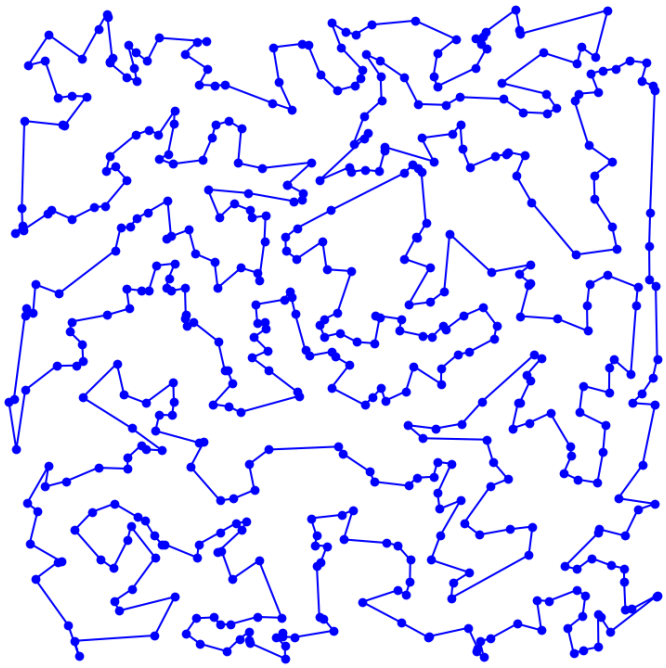
Tip: als je in random.seed(n) dezelfde n invult krijg je ook een zelfde verzameling steden.

b) Hoe lang doet het NN-programma over een route met 500 steden en wat is de totale lengte van de route?

c) Wanneer je het NN-programma enkele keren probeert zie je dat er altijd wel kruisende wegen (takken) zijn. Hoeveel paren takken zijn er in een route van N steden?
Beschrijf jouw strategie om kruisende wegen (takken) te vinden. Geef hiervoor een algoritme in pseudo-code. Stel, je maakt een kruising ongedaan, is het (bij jouw strategie) noodzakelijk om te controleren of de nieuwe route korter is dan de oude?

d) Maak een programma dat steeds 2 takken neemt en kruisigen detecteert en op basis hiervan de route optimaliseert (2-opt). Hoeveel procent is je 2-opt algoritme beter (korter) dan het NN-algoritme bij 500 steden?
(Op mijn desktop ongeveer 8% beter in ca. 2 seconden).

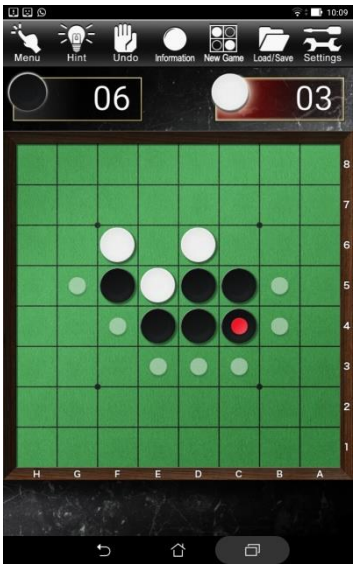
e) (1) Wat is de tijdcomplexiteit van het 2-opt-algoritme?
(2) Wat betekent dit? Stel je test met 1000 nodes, en dit duurt (bijvoorbeeld) 10 seconden, hoe lang duurt het dan met 2000 nodes?



Resultaat 2-opt met 500 steden

OPGAVE 2: MINIMAX - OTHELLO

In het thema 2.3 hebben we al een keer de AI voor het spel Othello moeten implementeren. Dat ging niet in elke groep even goed, en bovendien heeft ook niet elk groepslid dit deel geprogrammeerd. Mocht je de spelregels zijn vergeten, op Blackboard is een pdf te vinden met een beschrijving van de spelregels. Misschien is het ook goed om het spel weer eens te spelen, bijvoorbeeld op Android:



Wat hebben we nodig aan datastructuren?

In elk geval een representatie van het bord 8x8. Dit kan met een 1- of 2-dimenionale lijst. Verder moeten we de buren van een cel kunnen bepalen en ook de randen van het bord.

Daarnaast zullen we een aantal helper-functies moeten maken:

- het vinden van ‘brackets’ (gegeven een positie, een speler en een richting): gegeven een positie, wat is de bijbehorende positie die een rij stenen van de tegenstander insluit?
- bijhouden wie de beurt heeft;
- het doen van een zet;
- bij een bracket: het ‘flippen’ van de ingesloten stenen van de tegenstander;
- het bijhouden van de score;
- een implementatie van een strategie: het bepalen van de beste zet.

a) Implementeer een eenvoudige versie van Othello, waarbij de tegenstander willekeurige (geldige) zetten doet. Je hoeft geen GUI te maken, het mag gewoon met een CLI. Op Blackboard is start_othello.py te vinden die kan je gebruiken voor de verdere implementatie.

```
  1 2 3 4 5 6 7 8
1 . . . . . . . .
2 . . . . . . . .
3 . . . @ . . . .
4 . . . @ @ . . .
5 . . . @ o . . .
6 . . . . . . . .
7 . . . . . . . .
8 . . . . . . . .


legal moves: 33, 35, 53
Your move:
```

b) Implementeer een strategie gebaseerd op Minimax.
c) Een belangrijk aspect voor de kwaliteit van de AI is de heuristiek die het bord evalueert. Waarom is het tellen van stenen alleen geen goede evaluatiefunctie? Bedenk en implementeer een betere evaluatiefunctie.
d) Wanneer de eis is dat een zet binnen twee seconden moet worden gedaan, tot welke diepte kun je dan gaan met Minimax?
e) Verbeter de performance van Minimax door pruning toe te passen.
f) Wat is de maximale diepte waarbij het programma nog een acceptabele performance heeft? Op welke manieren zou je de performance nog verder kunnen verbeteren?

OPGAVE 3: EXPECTIMAX - 2048

2048 is een schuifpuzzel(spel) dat in 2014 door de - toen 19 jarige - Gabriele Cirulli is geschreven. Gabriele schijnt het spel in een weekend te hebben geschreven in JS en CSS voor de browser. Het werd in 2014 een rage: het spel is nogal verslavend.

Er zijn veel Android/iOS versies, maar het origineel kun je hier (met de pijltjes toetsen) spelen: 2048. Wanneer er bij het schuiven twee dezelfde getallen naast of boven elkaar staan worden ze opgeteld en vervangen door een tegel met de nieuwe waarde. De speler wint het spel als hij het getal 2048 kan maken door twee blokjes van 1024 tegen elkaar te schuiven. Als er niet meer kan worden geschoven heeft de speler verloren.

De schuifpuzzel heeft een bord van 4x4, het enige dat de speler kan doen is naar links, rechts, boven of onder schuiven (pijltjes toetsen of swipen). Bij elke beurt zal er een nieuwe tegel met waarde 2 of 4 bijkomen. De tegels (alle vier rijen of kolommen) schuiven – als dat kan - in de gekozen richting: tegels met dezelfde waarde worden opgeteld en veranderen in een nieuwe, en een lege plek wordt opgevuld.

Het doel is de tegels zodanig te schuiven dat er een tegel met de waarde 2048 verschijnt. Na 2048 kan er nog worden doorgespeeld, de maximale score die bereikt kan worden is 2^16, maar in dat geval moet er wel op het laatste moment een 4 bijkomen.

De originele sourcecode (JS) kan je hier vinden: source. Het verhaal van Gabriele zelf staat hier: verhaal . Zoals je kunt zien in de sourcecode is de kans op een ‘2’ 90% en de kans op een ‘4’ 10%.

```
68  // Adds a tile in a random position
69  GameManager.prototype.addRandomTile = function () {
70    if (this.grid.cellsAvailable()) {
71      var value = Math.random() < 0.9 ? 2 : 4;
72      var tile = new Tile(this.grid.randomAvailableCell(), value);
73
74      this.grid.insertTile(tile);
75    }
76  };
```

Wanneer je het spel een aantal keer gespeeld hebt, dan begrijp je dat de algemene strategie als volgt is:

- hou het hoogste nummer in een hoek, bijvoorbeeld de linker bovenhoek;
- zorg ervoor dat hoge nummers in de linker bovenhoek komen;
- zorg ervoor dat lege cellen niet in de linker bovenhoek komen, dus rechts onder blijven;
- zorg ervoor dat cellen met gelijke waarden dicht bij elkaar blijven.

Op het internet is van alles te vinden over de beste heuristiek om het bord te evalueren, zie bijvoorbeeld stackoverflow.

a) Op Blackbord is de file start_code_2048.zip te vinden. Deze versie doet random zetten, en zal vrijwel altijd verliezen. Verbeter het spel door Expectimax toe te voegen. Denk bij de evaluatie van het bord (heuristiek) aan bovengenoemde algemene strategie.

b) Wat is de maximale diepte waarbij het programma nog een acceptabele performance heeft? Op welke manieren zou je de performance kunnen verbeteren?