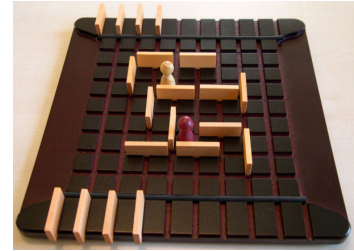


ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ (2021-22)

Εργασία 4¹

Στην εργασία αυτή, καλείστε να υλοποιήσετε ένα πρόγραμμα C που θα παίζει με αντίπαλο είτε έναν άνθρωπο, τον χρήστη του προγράμματος, είτε άλλο πρόγραμμα, μέσω ενός ελεγκτή/διαιτητή, το παιχνίδι *Quoridor*.

Το *Quoridor* παίζεται από δύο παίκτες σε ένα πλαίσιο διάστασης 9×9 , όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ο κάθε παίκτης ελέγχει ένα πiónι. Στην αρχή, τα δύο πiónια τοποθετούνται στη μεσαία θέση δύο απέναντι πλευρών του πλαισίου. Ο στόχος κάθε παίκτη είναι να φτάσει το πiónι του στην απέναντι πλευρά του πλαισίου. Οι δύο παίκτες ξεκινούν με 10 τοίχους. Οι παίκτες παίζουν εναλλάξ. Ο κάθε παίκτης, στη σειρά του, επιλέγει αν θα κινήσει το πiónι του κατά μια θέση, οριζόντια ή κατακόρυφα, ή θα τοποθετήσει έναν τοίχο. Οι τοίχοι είναι εμπόδια μήκους όσο 2 τετράγωνα του πλαισίου. Οι παίκτες τους τοποθετούν ώστε να εμποδίσουν την πορεία του αντιπάλου ή να διευκολύνουν τη δική τους. Εν τούτοις, ανά πάσα στιγμή πρέπει τα πiónια να έχουν ένα ανοικτό μονοπάτι προς την απέναντι πλευρά του πλαισίου. Ο πρώτος παίκτης που θα φτάσει απέναντι είναι ο νικητής.



Στο διαδίκτυο υπάρχουν ιστοσελίδες στις οποίες μπορείτε να παίξετε on-line το *Quoridor*, έτσι ώστε να εξοικειωθείτε με το παιχνίδι. Για παράδειγμα, δείτε την:

<http://quoridor.di.uoa.gr/>

Το *Quoridor* μπορεί εύκολα να γενικευθεί ως προς το μέγεθος του πλαισίου (αρκεί να είναι περιττό) και τον αριθμό των τοίχων που έχει αρχικά ο κάθε παίκτης. Υπάρχει και μια εκδοχή του παιχνιδιού με 4 παίκτες, όμως στα πλαίσια της εργασίας δεν θα ασχοληθούμε με αυτήν.

Αναλυτικά οι κανόνες του παιχνιδιού, ελαφρώς προσαρμοσμένοι στην παρούσα εργασία, και με διευκρινισμένες ορισμένες ασάφειες των επίσημων κανόνων βρίσκονται στον σύνδεσμο:

<http://quoridor.di.uoa.gr/rules.html>

Το *Quoridor* είναι ένα παιχνίδι στρατηγικής και το να αναπτυχθούν αλγόριθμοι ώστε να μπορεί ένας υπολογιστής να παίζει καλά αυτό το παιχνίδι είναι αντικείμενο ενός κλάδου της Πληροφορικής, που ονομάζεται Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence). Για αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχα παιχνίδια, μπορείτε να βρείτε πληροφορίες στους παρακάτω συνδέσμους:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Minimax>

https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-beta_pruning

https://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_tree_search

Η υλοποίηση μιας στοιχειώδους στρατηγικής (ασχέτως του είδους της) είναι υποχρεωτική, ώστε το πρόγραμμά σας να κερδίζει τον *αφελή* παίκτη που θα βρείτε στο

http://quoridor.di.uoa.gr/naive_quoridor/naive_quoridor_<arch>

όπου το <arch> είναι linux, windows.exe, ή macos, ανάλογα με το σύστημα που σας ενδιαφέρει. Ωστόσο, αν ένα πρόγραμμα θέλει να συμμετάσχει στο κύπελλο, το οποίο περιγράφεται στο τέλος της εκφώνησης αυτής, και φιλοδοξεί να κερδίσει, θα πρέπει να ενσωματώσει μια καλή στρατηγική στο παίξιμό του.

Για τις ανάγκες της εργασίας, ορίστηκε ένα πρότυπο για την επικοινωνία μεταξύ προγραμμάτων που παίζουν *Quoridor*, το *Quoridor Text Protocol*, βασισμένο στο *GTP (Go Text Protocol)*. Το πρόγραμμά σας καλείται να υιοθετεί το πρότυπο αυτό. Για το *Quoridor Text Protocol* μπορείτε να δείτε την ιστοσελίδα:

¹Θερμές ευχαριστίες στους Σπύρο Αυλωνίτη και Γιάννο Χατζηαγάπη, απόφοιτους του Τμήματος, για την ιδέα της εργασίας αυτής, την υλοποίηση μηχανών παιχνιδιού *Quoridor*, τόσο “αφελείς” όσο και “έξυπνες”, εφαρμόζοντας μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης, οι οποίες είναι δυνατόν να λειτουργήσουν είτε σε περιβάλλον τερματικού είτε, γραφικά, μέσω ιστοσελίδας. Επίσης, υλοποίησαν διαιτητή/ελεγκτή σε Python για τον συντονισμό παιχνιδιών μεταξύ παικτών (ανθρώπων ή μηχανών), τροποποιώντας κατάλληλα προηγούμενους ελεγκτές/διαιτητές που είχαν υλοποιηθεί στο παρελθόν από συνεργάτες του μαθήματος για τις ανάγκες άλλων εργασιών. Τέλος, συνέγραψαν και την εκφώνηση της εργασίας.

<http://quoridor.di.uoa.gr/qtp/qtp.html>

Το πρόγραμμα που θα γράψετε θα πρέπει να είναι σε θέση να συνεργάζεται με τον ελεγκτή/διαιτητή (σε περιβάλλον Linux) που θα βρείτε στη διεύθυνση:

http://quoridor.di.uoa.gr/quoridor_referee.py

Μία ενδεικτική εκτέλεση του προγράμματος (έστω ότι το εκτελέσιμο ονομάζεται “ipquoridor”) είναι η εξής:

```
$ ./ipquoridor
boardsize 5
=

clear_board
=

walls 2
=

showboard
=
      A  B  C  D  E
+---+---+---+---+---+
5 |   |   | B |   |   | 5 black walls:  2
+---+---+---+---+---+
4 |   |   |   |   |   | 4 white walls:  2
+---+---+---+---+---+
3 |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   | 2
+---+---+---+---+---+
1 |   |   | W |   |   | 1
+---+---+---+---+---+
      A  B  C  D  E

genmove black
= C4

showboard
=
      A  B  C  D  E
+---+---+---+---+---+
5 |   |   |   |   |   | 5 black walls:  2
+---+---+---+---+---+
4 |   |   | B |   |   | 4 white walls:  2
+---+---+---+---+---+
3 |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   | 2
+---+---+---+---+---+
1 |   |   | W |   |   | 1
+---+---+---+---+---+
      A  B  C  D  E

playmove white c2
=

genmove black
= B5 h
```

showboard

```

=
      A   B   C   D   E
+---+---+---+---+---+
5 |   |   |   |   |   | 5 black walls: 1
+---+=====+---+---+
4 |   |   | B |   |   | 4 white walls: 2
+---+---+---+---+---+
3 |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+
2 |   |   | W |   |   | 2
+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+
      A   B   C   D   E

```

playwall white c2 horizontal

```

=

genmove black
= D5 h

```

showboard

```

=
      A   B   C   D   E
+---+---+---+---+---+
5 |   |   |   |   |   | 5 black walls: 0
+---+=====+---+---+
4 |   |   | B |   |   | 4 white walls: 1
+---+---+---+---+---+
3 |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+
2 |   |   | W |   |   | 2
+---+---+=====+---+
1 |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+
      A   B   C   D   E

```

playmove white b2

```

=

genmove black
= C3

```

showboard

```

=
      A   B   C   D   E
+---+---+---+---+---+
5 |   |   |   |   |   | 5 black walls: 0
+---+=====+---+---+
4 |   |   |   |   |   | 4 white walls: 1
+---+---+---+---+---+
3 |   |   | B |   |   | 3
+---+---+---+---+---+
2 |   | W |   |   |   | 2
+---+---+=====+---+
1 |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+

```

A B C D E

playmove white b3
=

genmove black
= C2

playmove white b4
=

genmove black
= B2

playwall white a2 horizontal
=

showboard
=

| | A | B | C | D | E | |
|---|---|---|---|---|---|------------------|
| 5 | | | | | | 5 black walls: 0 |
| 4 | | W | | | | 4 white walls: 0 |
| 3 | | | | | | 3 |
| 2 | | B | | | | 2 |
| 1 | | | | | | 1 |
| | A | B | C | D | E | |

genmove black
= C2

playmove white a4
=

genmove black
= D2

winner
= false

showboard
=

| | A | B | C | D | E | |
|---|---|---|---|---|---|------------------|
| 5 | | | | | | 5 black walls: 0 |
| 4 | W | | | | | 4 white walls: 0 |
| 3 | | | | | | 3 |
| 2 | | | | B | | 2 |
| 1 | | | | | | 1 |

```

A B C D E

playmove white a5
=

winner
= true white

quit
=

$

```

Το πρόγραμμα που θα γράψετε θα μπορεί να δέχεται ορίσματα, αν το κρίνετε απαραίτητο, όπως για το μέγεθος του ταμπλό (`-size <n>`), για το πλήθος των αρχικών τοίχων των παικτών (`-walls <w>`), ή ό,τι άλλο νομίζετε. Αν, για οποιοδήποτε λόγο, χρησιμοποιήσετε τυχαιότητα στο πρόγραμμά σας, θα πρέπει να έχετε προβλέψει να δίνεται στη γραμμή εντολής σαν όρισμα το φύτρο της γεννήτριας τυχαίων αριθμών (`-seed <s>`). Τα ορίσματα της γραμμής εντολής του προγράμματός σας θα πρέπει να τα τεκμηριώσετε πλήρως στο συνοδευτικό αρχείο `README` της υποβολής σας. Σε κάθε περίπτωση, οποιαδήποτε πρωτοβουλία πάρετε στην υλοποίηση του προγράμματος που θα παραδώσετε θα πρέπει να αναφέρεται ρητά στο `README`.

Στο τέλος της εκφώνησης, βρίσκονται τμήματα ενδεικτικών εκτελέσεων μέσω του ελεγκτή/διαιτητή `quoridor_referee.py`. Σημειώνεται ότι για να συνεργασθεί ένα πρόγραμμα με τον διαιτητή, θα πρέπει, αφού εκτυπώσει ό,τι χρειάζεται μετά από κάθε κίνηση (π.χ. αμέσως πριν την ανάγνωση της επόμενης εντολής), να κάνει `flush` την έξοδό του, με την εντολή `fflush(stdout);`.

Παραδοτέο

Θα πρέπει να δομήσετε το πρόγραμμά σας σε ένα σύνολο από **τουλάχιστον τρία πηγαία αρχεία C** (με κατάληξη `.c`) και **τουλάχιστον δύο αρχεία επικεφαλίδας** (με κατάληξη `.h`). Επίσης, δημιουργήστε ένα απλό αρχείο κειμένου με όνομα `README`, στο οποίο να δίνετε οδηγίες για τη μεταγλώττιση του προγράμματος, καθώς και ό,τι άλλο κρίνετε σκόπιμο να επισημάνετε. Προαιρετικά, μπορείτε να παραδώσετε και ένα αρχείο `Makefile` που να αναλαμβάνει όλη τη διαδικασία της κατασκευής των τελικών εκτελέσιμων μέσω της εντολής `make` (δώστε `man make` για περισσότερες λεπτομέρειες).

Για να παραδώσετε το σύνολο των αρχείων που θα έχετε δημιουργήσει για την εργασία αυτή, ακολουθήστε την εξής διαδικασία. Τοποθετήστε όλα τα αρχεία `.c` και `.h` (όχι αντικειμενικά ή εκτελέσιμα) μέσα σ' ένα κατάλογο που θα δημιουργήσετε σε κάποιο σύστημα Linux, έστω με όνομα `ipquoridor`. Όντας στον κατάλογο που περιέχει τον κατάλογο `ipquoridor`, δημιουργήστε ένα επιπεδοποιημένο `tar` αρχείο (έστω με όνομα `ipquoridor.tar`) που περιέχει τον κατάλογο `ipquoridor` και όλα του τα περιεχόμενα. Αυτό γίνεται με την εντολή `tar cvf ipquoridor.tar ipquoridor`.² Συμπίεστε το αρχείο `ipquoridor.tar`, ώστε να δημιουργηθεί το αρχείο `ipquoridor.tar.gz`. Αυτό γίνεται με την εντολή `gzip ipquoridor.tar`.³ Το τελικό συμπίεσμένο αρχείο `ipquoridor.tar.gz` είναι που θα πρέπει να υποβάλετε μέσω του `eclass`.⁴

² Αν θέλετε να ανακτήσετε την δενδρική δομή που έχει φυλαχθεί σε ένα επιπεδοποιημένο `tar` αρχείο `file.tar`, αυτό μπορεί να γίνει με την εντολή `tar xvf file.tar`.

³ Αν θέλετε να αποσυμπιέσετε ένα αρχείο `file.gz` που έχει συμπίεσθεί με την εντολή `gzip`, αυτό μπορεί να γίνει με την εντολή `gzip -d file.gz`.

⁴ Μην υποβάλετε ασυμπιέστα αρχεία ή αρχεία που είναι συμπίεσμένα σε άλλη μορφή εκτός από `tar.gz` (π.χ. `rar`, `7z`, `zip`, κλπ.), γιατί δεν θα γίνονται δεκτά για αξιολόγηση.

Ομαδική εργασία

Η εργασία αυτή μπορεί να παραδοθεί και από **ομάδες των δύο ατόμων**. Στην περίπτωση αυτή, θα παραδοθεί μόνο από το ένα μέλος της ομάδας, αλλά μέσα στο αρχείο README θα αναφέρονται σαφώς τα στοιχεία των δύο μελών. Ο στόχος της διαδικασίας αυτής είναι να ενισχυθεί η ιδέα της **ισότιμης** συνεργασίας σε μία ομάδα για την επίτευξη ενός στόχου. Αν τα μέλη της ομάδας έχουν υλοποιήσει διαφορετικά τμήματα της εργασίας, θα πρέπει στο αρχείο README να αναφέρεται ρητά τι έχει υλοποιήσει κάθε μέλος, έτσι ώστε στην προφορική εξέταση που ενδεχομένως θα ακολουθήσει, να μην υπάρχει η απαίτηση να έχει κάποιο μέλος της ομάδας πλήρη γνώση του πώς έχουν υλοποιηθεί τα τμήματα στα οποία εκείνο δεν έχει εμπλακεί.

Κύπελλο Quoridor (BONUS βαθμολογία)

Οι ασκήσεις που θα υποβληθούν θα μπορούν να συμμετάσχουν, εφ' όσον το δηλώσουν οι συγγραφείς τους, σε κύπελλο Quoridor που θα διεξαχθεί, με σύστημα knock-out ή round robin, ανάλογα με το πλήθος των συμμετοχών. Η διεξαγωγή του κυπέλλου θα γίνει μετά την ολοκλήρωση της προφορικής εξέτασης των εργασιών του μαθήματος και πριν την ανακοίνωση της τελικής βαθμολογίας. Για τις τρεις καλύτερες συμμετοχές, θα υπάρξει επιβράβευση στη βαθμολογία τους κατά 100%, 70% και 40%, κατά σειρά. Το πρόγραμμα που θα κερδίσει το κύπελλο θα αναμετρηθεί και με αυτό που υλοποίησαν ο Σπύρος και ο Γιάννος εφαρμόζοντας μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης. Σε περίπτωση που αναδειχθεί νικητής, θα έχει επιπλέον bonus στη βαθμολογία κατά 100%. Περισσότερες λεπτομέρειες για το κύπελλο θα ανακοινωθούν εν καιρώ στο φόρουμ του μαθήματος.

```
$ ./quoridor_referee.py --black ./ipquoridor --white ./ipquoridor --size 9 \  
--walls 10 --verbose 1  
Welcome to the Quoridor Tournament! I'm going to be your referee for this game  
Created by Teo Georgiou for the Introduction to Programming course, UoA, 2011  
Updated by John Vlachopoulos and Sotirios-Efstathios Maneas  
for the Introduction to Programming course, UoA, 2012-2013  
Updated by Spyros Avlonitis and Giannos Chatziagapis  
for the Introduction to Programming course, UoA, 2015-2021
```

```
-----  
  
boardsize set to 9  
walls set to 10  
verbose set to 1  
games set to 1  
maximum_time set to 180  
move_time set to 30.0  
memory_limit set to 950  
seed set to 1639823580  
  
-----
```

```
IP Quoridor (black player) vs IP Quoridor (white player)  
-----
```

```
Game 1 starting now!
```

```
IP Quoridor (black player) moves to E8  
IP Quoridor (white player) moves to E2  
IP Quoridor (black player) moves to E7  
IP Quoridor (white player) moves to E3
```

```
IP Quoridor (black player) places horizontal wall at D8
IP Quoridor (white player) moves to E4
IP Quoridor (black player) moves to E6
IP Quoridor (white player) places horizontal wall at D4
IP Quoridor (black player) places horizontal wall at F8
IP Quoridor (white player) places horizontal wall at F4
IP Quoridor (black player) places horizontal wall at B8
IP Quoridor (white player) places horizontal wall at B4
IP Quoridor (black player) places horizontal wall at H8
IP Quoridor (white player) places vertical wall at A9
IP Quoridor (black player) moves to E5
IP Quoridor (white player) places vertical wall at F5
IP Quoridor (black player) places horizontal wall at D5
IP Quoridor (white player) places vertical wall at C6
IP Quoridor (black player) places vertical wall at C4
IP Quoridor (white player) places vertical wall at F7
IP Quoridor (black player) places vertical wall at A7
IP Quoridor (white player) places horizontal wall at D6
IP Quoridor (black player) places vertical wall at A3
IP Quoridor (white player) moves to F4
IP Quoridor (black player) moves to F5
IP Quoridor (white player) moves to F6
IP Quoridor (black player) moves to F7
IP Quoridor (white player) places vertical wall at E8
IP Quoridor (black player) moves to F5
IP Quoridor (white player) moves to E6
IP Quoridor (black player) moves to F6
IP Quoridor (white player) moves to E7
IP Quoridor (black player) moves to E6
IP Quoridor (white player) moves to D7
IP Quoridor (black player) moves to D6
IP Quoridor (white player) places horizontal wall at C7
IP Quoridor (black player) moves to E6
IP Quoridor (white player) moves to C7
IP Quoridor (black player) moves to E7
IP Quoridor (white player) moves to B7
IP Quoridor (black player) moves to D7
IP Quoridor (white player) moves to B6
IP Quoridor (black player) moves to C7
IP Quoridor (white player) moves to B5
IP Quoridor (black player) moves to B7
IP Quoridor (white player) moves to A5
IP Quoridor (black player) moves to B6
IP Quoridor (white player) moves to A6
IP Quoridor (black player) moves to B5
IP Quoridor (white player) moves to A7
IP Quoridor (black player) moves to B4
IP Quoridor (white player) moves to A8
IP Quoridor (black player) moves to A4
IP Quoridor (white player) moves to A9

IP Quoridor (white player) wins game 1
both players agree
IP Quoridor (black player) took 23.40s to decide its moves
IP Quoridor (white player) took 26.73s to decide its moves
```

```
-----
$
$ ./quoridor_referee.py --black ./naive --white ./ipquoridor --size 7 \
```



```

+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+---+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   | W |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

IP Quoridor (white player) places horizontal wall at E6

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   |   |   |   | B |   |   | 7 black walls: 5
+---+---+---+---+---+---+
6 |   |   |   |   |   |   |   | 6 white walls: 4
+---+---+---+---+=====+---+
5 |   |   |   |   |   |   |   | 5
+---+---+---+---+---+---+
4 |   |   |   |   |   |   |   | 4
+---+---+---+---+---+---+
3 |   |   |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+---+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   | W |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

Naive (black player) places vertical wall at F6

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   |   |   |   | B |   |   | 7 black walls: 4
+---+---+---+---+---+---+
6 |   |   |   |   |   | H |   | 6 white walls: 4
+---+---+---+---+=====H---+
5 |   |   |   |   |   |   | H | 5
+---+---+---+---+---+---+
4 |   |   |   |   |   |   |   | 4
+---+---+---+---+---+---+
3 |   |   |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+---+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   | W |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

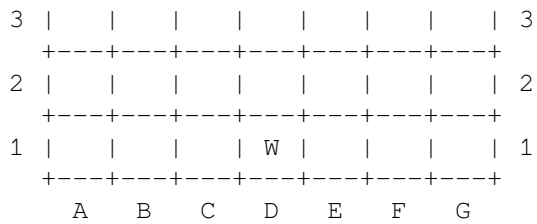
```

IP Quoridor (white player) places horizontal wall at D7

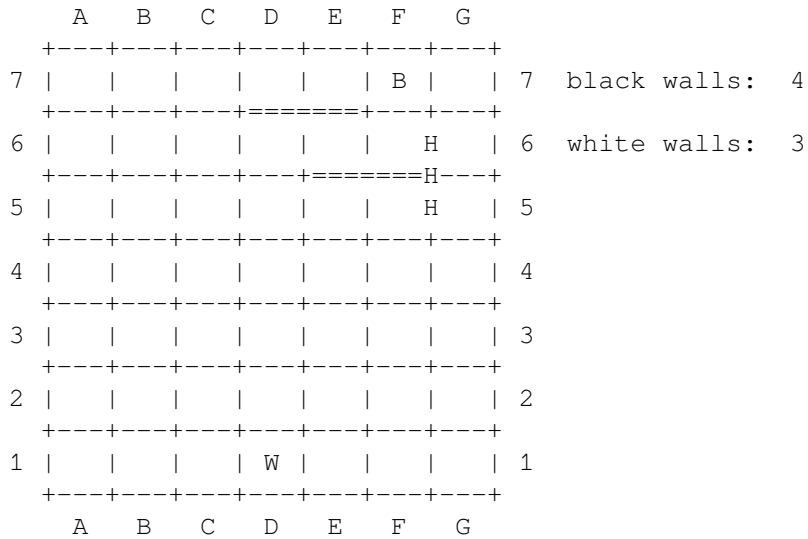
```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   |   |   |   | B |   |   | 7 black walls: 4
+---+---+---+=====+---+---+
6 |   |   |   |   |   |   | H | 6 white walls: 3
+---+---+---+---+=====H---+
5 |   |   |   |   |   |   | H | 5
+---+---+---+---+---+---+
4 |   |   |   |   |   |   |   | 4
+---+---+---+---+---+---+

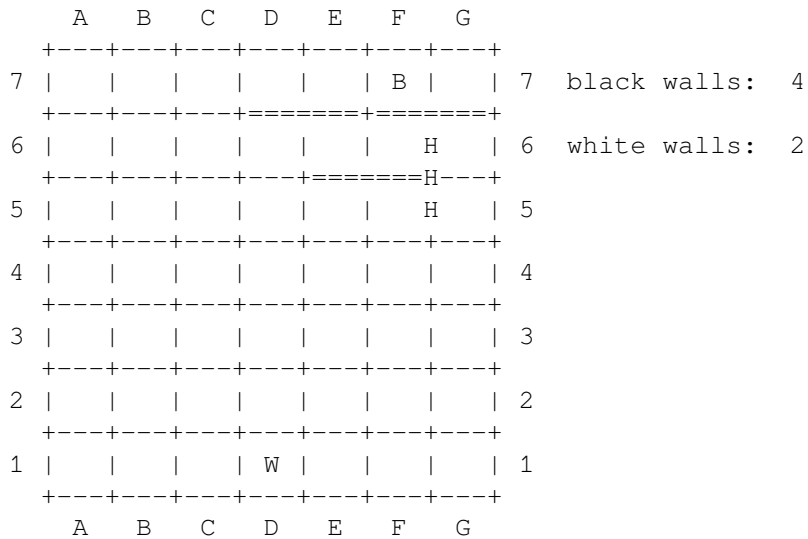
```



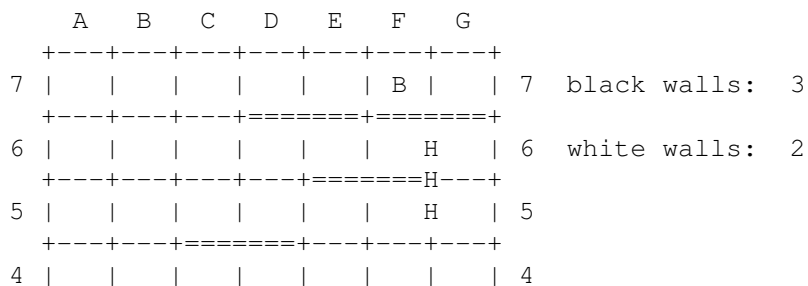
Naive (black player) moves to F7

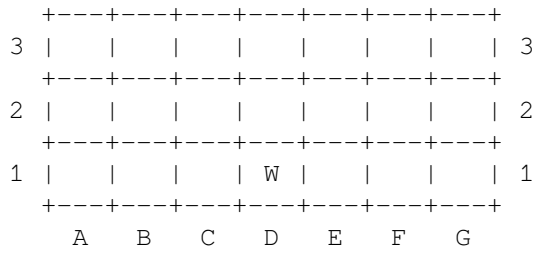


IP Quoridor (white player) places horizontal wall at F7

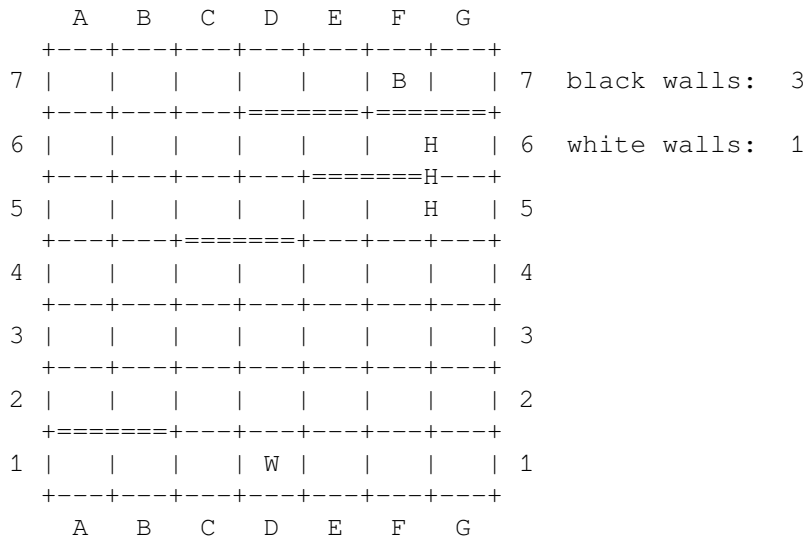


Naive (black player) places horizontal wall at C5

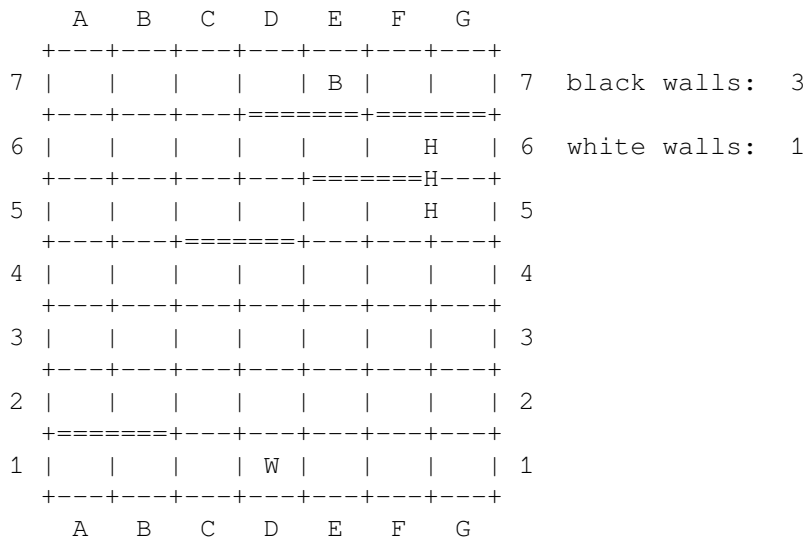




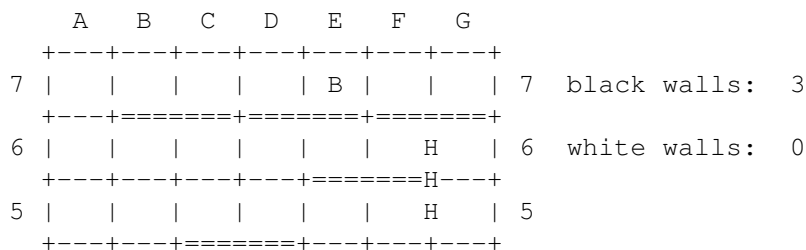
IP Quoridor (white player) places horizontal wall at A2

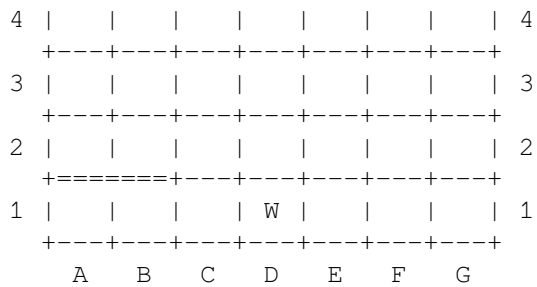


Naive (black player) moves to E7

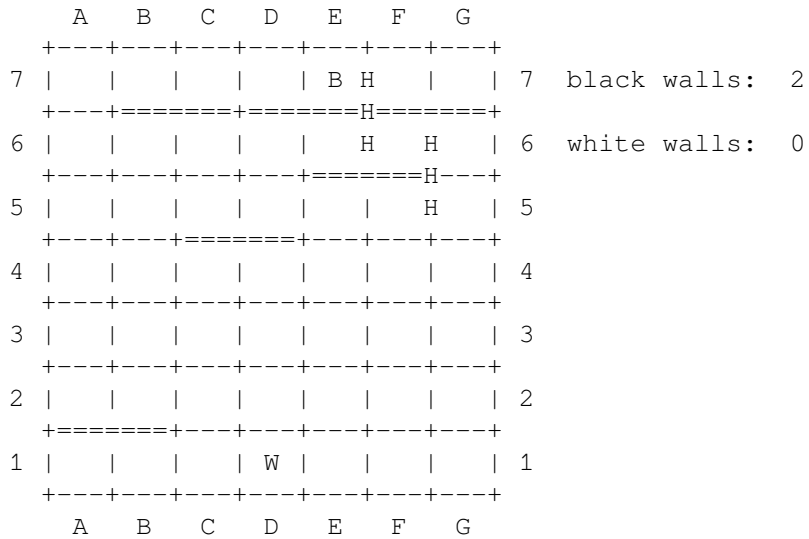


IP Quoridor (white player) places horizontal wall at B7

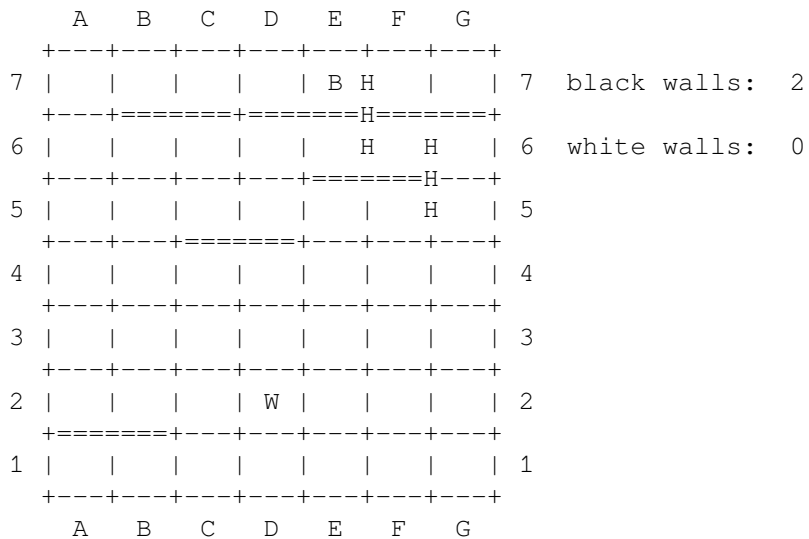




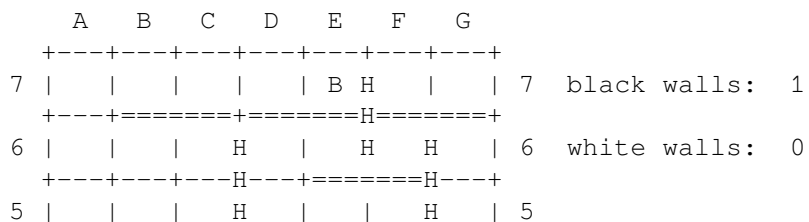
Naive (black player) places vertical wall at E7

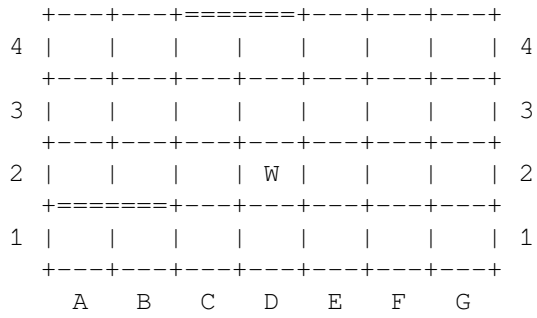


IP Quoridor (white player) moves to D2

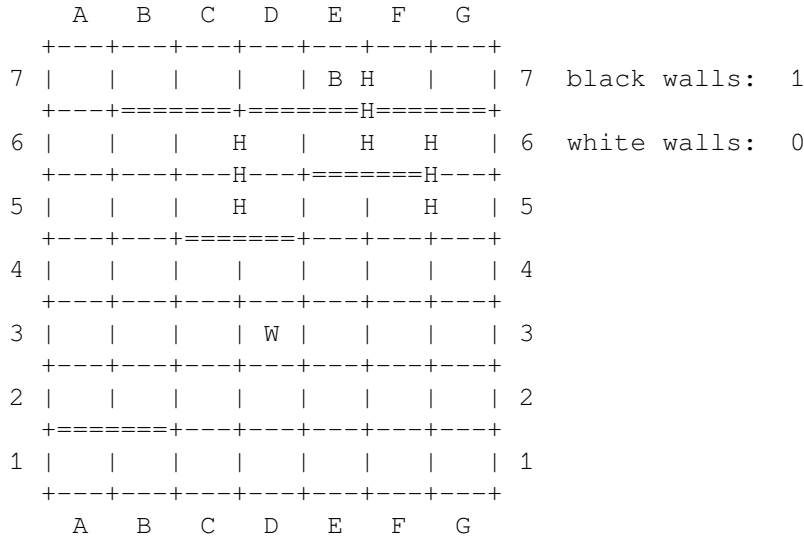


Naive (black player) places vertical wall at C6

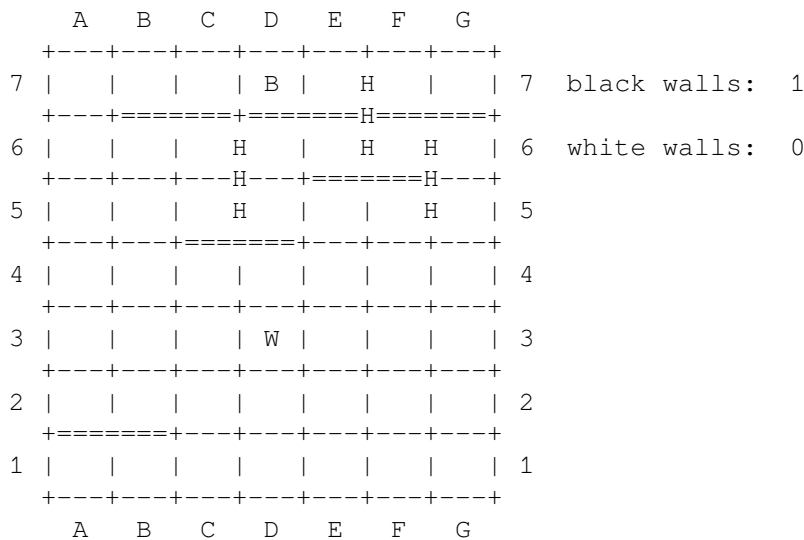




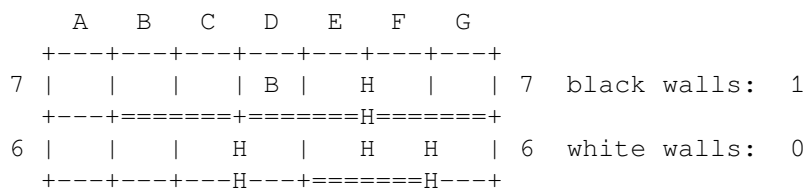
IP Quoridor (white player) moves to D3

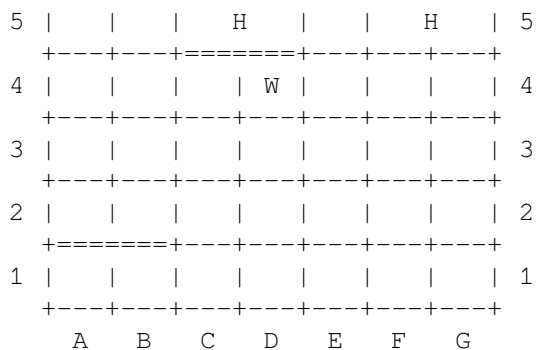


Naive (black player) moves to D7

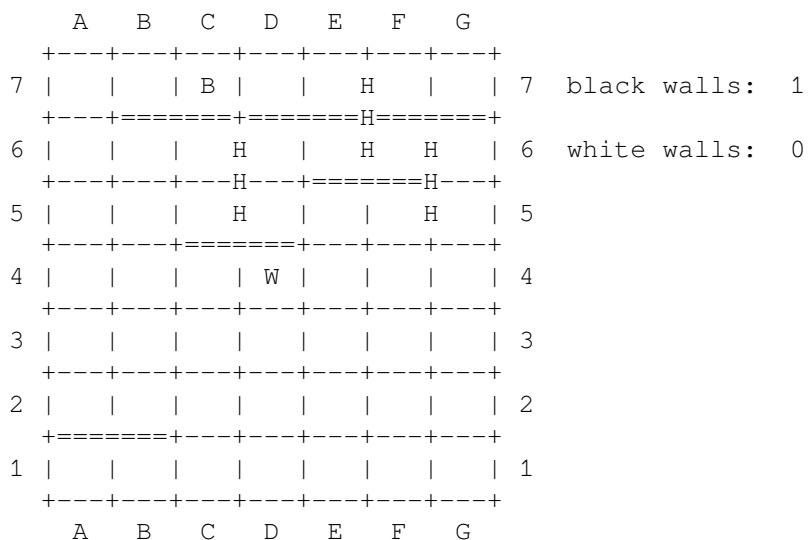


IP Quoridor (white player) moves to D4

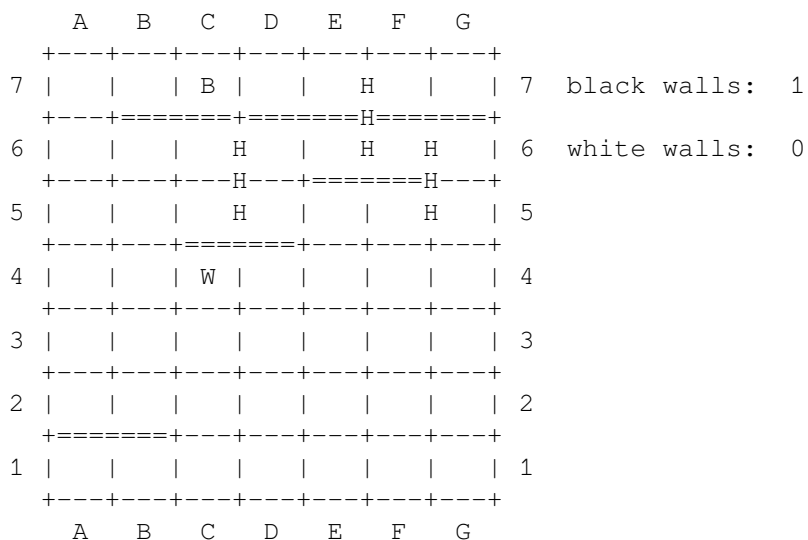




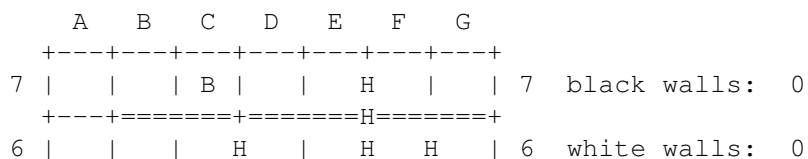
Naive (black player) moves to C7



IP Quoridor (white player) moves to C4



Naive (black player) places vertical wall at A4



```

+---+---+---H---+=====H---+
5 |   |   |   H   |   |   H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   H   | W   |   |   |   | 4
+---H---+---+---+---+---+---+
3 |   H   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
    A   B   C   D   E   F   G

```

IP Quoridor (white player) moves to B4

```

    A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   |   | B   |   |   H   |   | 7 black walls: 0
+---+=====+-----H-----+
6 |   |   |   H   |   H   H   | 6 white walls: 0
+---+---+---H---+=====H---+
5 |   |   |   H   |   |   H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   H W |   |   |   |   | 4
+---H---+---+---+---+---+---+
3 |   H   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
    A   B   C   D   E   F   G

```

Naive (black player) moves to B7

```

    A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   | B |   |   |   H   |   | 7 black walls: 0
+---+=====+-----H-----+
6 |   |   |   H   |   H   H   | 6 white walls: 0
+---+---+---H---+=====H---+
5 |   |   |   H   |   |   H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   H W |   |   |   |   | 4
+---H---+---+---+---+---+---+
3 |   H   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
    A   B   C   D   E   F   G

```

IP Quoridor (white player) moves to B5

```

    A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   | B |   |   |   H   |   | 7 black walls: 0
+---+=====+-----H-----+

```

```

6 |   |   |   | H   |   | H   | H   | 6  white walls: 0
+---+---+---+H---+=====H---+
5 |   | W |   | H   |   |   | H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   | H |   |   |   |   |   | 4
+---+H---+---+---+---+---+---+
3 |   | H |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

Naive (black player) moves to A7

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+---+
7 | B |   |   |   |   | H   |   | 7  black walls: 0
+---+=====+=====H=====+
6 |   |   |   | H   |   | H   | H   | 6  white walls: 0
+---+---+---+H---+=====H---+
5 |   | W |   | H   |   |   | H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   | H |   |   |   |   |   | 4
+---+H---+---+---+---+---+---+
3 |   | H |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

IP Quoridor (white player) moves to B6

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+---+
7 | B |   |   |   |   | H   |   | 7  black walls: 0
+---+=====+=====H=====+
6 |   | W |   | H   |   | H   | H   | 6  white walls: 0
+---+---+---+H---+=====H---+
5 |   |   |   | H   |   |   | H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   | H |   |   |   |   |   | 4
+---+H---+---+---+---+---+---+
3 |   | H |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

Naive (black player) moves to B7

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+---+
7 |   | B |   |   |   | H   |   | 7  black walls: 0

```



```

+---+=====+=====H=====+
6 |   | W |   H   |   H   H   | 6 white walls: 0
+---+---+---H---+=====H---+
5 |   |   |   H   |   |   H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   H   |   |   |   |   |   | 4
+---H---+---+---+---+---+---+
3 |   H   |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

IP Quoridor (white player) moves to A6

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   | B |   |   |   H   |   | 7 black walls: 0
+---+=====+=====H=====+
6 | W |   |   H   |   H   H   | 6 white walls: 0
+---+---+---H---+=====H---+
5 |   |   |   H   |   |   H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   H   |   |   |   |   |   | 4
+---H---+---+---+---+---+---+
3 |   H   |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

Naive (black player) moves to C7

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+
7 |   |   | B |   |   H   |   | 7 black walls: 0
+---+=====+=====H=====+
6 | W |   |   H   |   H   H   | 6 white walls: 0
+---+---+---H---+=====H---+
5 |   |   |   H   |   |   H   | 5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   H   |   |   |   |   |   | 4
+---H---+---+---+---+---+---+
3 |   H   |   |   |   |   |   | 3
+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   | 2
+=====+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   |   | 1
+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

IP Quoridor (white player) moves to A7

```

  A   B   C   D   E   F   G
+---+---+---+---+---+---+

```

```

7 | W |   | B |   |   H |   | 7 black walls: 0
+---+=====+=====H=====+
6 |   |   |   H |   H H |   6 white walls: 0
+---+---+---H---+=====H---+
5 |   |   |   H |   |   H |   5
+---+---+=====+---+---+---+
4 |   H |   |   |   |   |   4
+---H---+---+---+---+---+---+
3 |   H |   |   |   |   |   3
+---+---+---+---+---+---+---+
2 |   |   |   |   |   |   |   2
+=====+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   |   |   1
+---+---+---+---+---+---+---+
  A   B   C   D   E   F   G

```

IP Quoridor (white player) wins game 1
 both players agree
 Naive (black player) took 0.00s to decide its moves
 IP Quoridor (white player) took 6.44s to decide its moves
