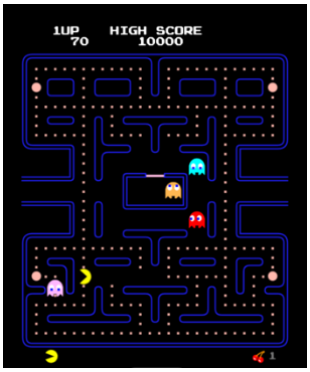
Instituto Superior de Engenharia
Politécnico de Coimbra

Programação Avançada

2022/2023

Enunciado do Trabalho Prático

Nota prévia: *O enunciado poderá não estar completo em alguns pontos. Os alunos deverão avaliar as opções e discuti-las com um docente da unidade curricular. As decisões tomadas deverão ser sucintamente explicadas no relatório.*



Pretende-se que desenvolva, em linguagem *Java*, uma versão do jogo clássico *Pac-Man*, designada *Tiny-PAc*. A leitura deste enunciado deve ser complementada com a explicação detalhada dos pormenores do jogo original disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Pac-Man

No âmbito da unidade curricular de Programação Avançada este jogo será aproveitado para experimentação e aplicação de muitas das funcionalidades oferecidas pela linguagem Java, bem como dos *Software Design Patterns* que são estudados nas aulas. A primeira meta do trabalho foca a elaboração dos mecanismos básicos do jogo, não sendo ainda obrigatória a realização de uma interface com utilizador que permita jogar. Pretende-se apenas que essa interface, obrigatoriamente em modo texto, permita testar as várias fases do jogo. A segunda meta exige a realização da interface gráfica com o utilizador, recorrendo a JavaFX (sem recurso a *fxml*).

Descrição do jogo *Tiny-PAc*

O jogo deverá possuir um ecrã inicial no qual deverão ser disponibilizadas ao utilizador as opções para "*Iniciar Jogo"*, "*Consultar Top 5"* e "*Sair"*. Para além das informações que são necessárias apresentar neste ecrã inicial, deve surgir obrigatoriamente uma menção ao DEIS-ISEC-IPC (na segunda meta deverá ser incluído o logotipo do ISEC), ao curso (LEI, LEI-PL ou LEI-CE), à unidade curricular, ao ano letivo e ao nome e número do aluno, bem como a indicação de que é um trabalho académico. Caso o utilizador escolha a opção sair, deverá surgir no ecrã uma janela de diálogo para confirmar se pretende mesmo sair.

Assumindo uma leitura prévia da descrição do jogo original no *site* referido atrás, descreve-se de seguida o funcionamento geral da versão pretendida.

A ação consiste em controlar o personagem *pac-man*, fazendo-o navegar num labirinto, onde vai recolhendo ("comendo") itens e evitar fantasmas que são controlados pelo computador. Tal como no jogo original existem 4 fantasmas – *Blinky*, *Pinky*, *Inky* e *Clyde* – embora apresentem comportamentos diferentes dos do jogo original, os quais serão descritos mais à frente. No jogo original o labirinto é sempre igual, sendo a evolução entre níveis de dificuldade crescente feita com base na velocidade e tempos usados para os vários momentos do jogo. Na versão a implementar, poderão existir diversos labirintos

como forma diferenciadora de níveis. O labirinto correspondente a cada nível poderá ser definido através de um ficheiro de texto com nome "`Level`*`nn`*`.txt`" e, no máximo, existirão 20 níveis ("`Level01.txt`" – "`Level20.txt`"). Caso não esteja especificado um labirinto para um determinado nível, será assumido o labirinto do nível inferior que esteja definido (é obrigatório que o primeiro nível esteja definido através do ficheiro "`Level01.txt`"). Para cada nível, a velocidade dos fantasmas deve ir aumentando e o tempo de vulnerabilidade dos fantasmas deverá ir diminuindo (com valores à escolha do aluno).

No ficheiro de definição de um labirinto (exemplo no anexo A), existirão tantas linhas quanto a altura do tabuleiro onde está definido o labirinto e, em cada linha, tantos caracteres quanto o número de colunas do mesmo. Cada carácter corresponde a uma célula do labirinto, em que cada letra permitida tem o seguinte significado:

- x – Parede;
- W – Zona *Warp*. Devem existir duas destas células por labirinto. Quando o *pac-man* entra numa destas células, deverá aparecer de imediato na outra. Este efeito só acontece para o *pac-man*: os fantasmas tratam a zona *Warp* como uma parede;
- o – Local com uma bola (item para ser recolhido). A sua recolha, que consiste em passar por cima (sendo removida do labirinto), faz ganhar 1 ponto. Os fantasmas ignoram as bolas comestíveis, passando por cima destas sem as fazer desaparecer;
- F – Local onde deverá aparecer uma fruta a cada 20 bolas que são comidas. Apenas existe 1 ocorrência desta célula no ficheiro de definição de um labirinto. Durante o jogo, a fruta aparece apenas se nesse instante não estiver disponível outra fruta. Quando recolhida, uma fruta dá pontuação em múltiplos crescentes de 25. Em cada nível começa com 25, 50, 75 e assim sucessivamente. Os fantasmas ignoram as frutas;
- M – Local onde o *pac-man* aparece no início do nível (1 ocorrência no ficheiro);
- O – Local com uma *bola comestível com poderes*. Estas bolas são normalmente representadas através de um símbolo maior do que as bolas sem poderes. Quando recolhidas, estas bolas dão 10 pontos ao jogador e tornam os fantasmas vulneráveis, podendo ser comidos. Quando o *pac-man* come esta bola, os fantasmas devem mudar de aparência (ficando todos iguais) e devem movimentar-se para trás seguindo o percurso realizado até ao momento, mas no sentido contrário (percurso realizado desde que saíram da zona inicial onde aparecem, marcada no ficheiro com Y). Ao chegar à célula inicial, cada fantasma volta à aparência e comportamento normais. Independentemente de os fantasmas atingirem a sua posição inicial, este efeito tem uma duração limitada definida pelo aluno. Existem 4 ocorrências deste tipo de bola por labirinto;
- Y – Portal pelo qual surgem os fantasmas no labirinto. Só deverá existir uma ocorrência deste tipo no tabuleiro;
- y – Locais que definem a caverna onde inicialmente estão os fantasmas, antes de saírem pelo portal. Esta zona é encarada como parede pelo *pac-man*. Deve garantir que todas as células 'y' aparecem numa única zona contígua e que a célula 'Y' aparece numa célula adjacente a uma célula 'y'.

Nota: os caracteres indicados acima são representações para efeito de configuração inicial do labirinto através dos ***ficheiros*** de texto já referidos. Estes caracteres não constituem por si só qualquer indicação acerca da forma como esta informação é representada em ***memória***, sendo este um assunto que deve ser cuidadosamente ponderado.

De acordo com o jogo original, existem 4 fantasmas que, no contexto desta versão do jogo, deverão ter os seguintes comportamentos:

- *Blinky* – Este fantasma desloca-se sempre em frente e quando chega a uma parede ou cruzamento deve sortear uma das direções possíveis, voltando para trás apenas se não existirem outras direções disponíveis;
- *Pinky* – Este fantasma desloca-se na direção de um dos cantos do labirinto de acordo com a seguinte ordem: canto superior direito, canto inferior direito, canto superior esquerdo, canto inferior esquerdo, retomando novamente a sequência. Ao chegar a um cruzamento, sorteia uma direção que o faça, no imediato, aproximar-se mais do canto pretendido do labirinto. Quando encontra um obstáculo, tendo de sortear uma nova direção, se já está a menos de uma determinada distância do canto pretendido, então altera o objetivo para o próximo canto do labirinto. A distância referida deve ser definida pelo aluno - por exemplo 10-15% da largura do tabuleiro;
- *Inky* – Este fantasma desloca-se na direção de um dos cantos do tabuleiro, tal como o fantasma *Pinky* e segundo uma lógica igual, mas seguindo a ordem: canto inferior direito, canto inferior esquerdo, canto superior direito, canto superior esquerdo;
- *Clyde* – Inicialmente, este fantasma desloca-se como o fantasma *Blinky*. No entanto, sempre que o *pac-man* se encontra na sua linha de visão, ou seja, no mesmo corredor (horizontal ou vertical) que ele próprio, define como objetivo seguir a direção que o leva de encontro ao *pac-man*. Quando está a perseguir o *pac-man* e chega a uma parede ou cruzamento, deve escolher a direção que lhe permita continuar a perseguição. Nesse momento de escolha da nova direção, caso deixe de "ver" o *pac-man* volta ao funcionamento normal (similar ao *Blinky*).

O *pac-man* deverá ser controlado através de teclas de mudança de direção. O movimento será automático ao longo da direção correspondente à tecla, não sendo necessário manter a tecla premida, e continuará nessa direção até encontrar uma parede, onde deverá parar. A pressão repetida da tecla de direção correspondente à direção seguida pelo *pac-man* não deverá fazer com que este ande mais depressa. Quando passa por uma bola comestível normal, bola comestível com poderes ou fruta, a mesma deverá desaparecer e o jogador acumulará os pontos referidos anteriormente. Os fantasmas podem ser comidos quando estão vulneráveis (após o *pac-man* comer a bola com poderes), recebendo o jogador 50 pontos pelo primeiro, 100 pontos pelo segundo, 150 pelo terceiro e 200 pelo quarto. Para cada bola com poderes recolhida, esta sequência de atribuição de pontos volta a ser reiniciada em 50 pontos.

O nível termina quando todas as bolas do labirinto são comidas (incluindo as bolas com poderes), passando o jogo para o nível e labirinto seguinte. Caso o *pac-man* seja apanhado por um fantasma

(encontram-se na mesma posição ao mesmo tempo) o jogador perde uma vida, reiniciando-se o nível (o labirinto é reiniciado). O jogo termina ao chegar ao vigésimo nível ou quando o jogador *pac-man* perde todas as vidas (sugestão: 3 vidas, mas pode ser definido outro valor pelo aluno), sendo a pontuação incluída no *Top 5* caso seja superior a uma outra aí existente. Caso alcance o *Top 5*, o jogador será inquirido sobre o nome a registar. O *Top 5* não deverá ser perdido quando o jogo é encerrado, devendo ser guardado em ficheiro através do processo de "serialização" para permitir a sua reposição numa execução posterior.

Desenvolvimento

O código fonte da aplicação pretendida deve apresentar uma divisão clara entre o modelo e a interface com o utilizador. O código do modelo não deve conter qualquer tipo de interação com o utilizador e a interface com o utilizador não deve incluir qualquer tipo de lógica do jogo. O código da interface com o utilizador poderá incluir lógica de pré-tratamento das ações do utilizador (por exemplo, filtrar ou pré-processar os *inputs* do utilizador, mas o modelo deve ser robusto de modo a atuar nas ordens e receção de dados incorretos ou fora de contexto). A estrutura do projeto, em termos de *packages*, deve refletir esta separação, conforme explicado mais à frente.

A lógica do jogo deve ser desenvolvida seguindo o padrão *State* (*FSM – Finite-State Machin*e), segundo uma abordagem polimórfica e organização semelhante à apresentada durante as aulas. No contexto da aplicação deverá existir obrigatoriamente uma máquina de estados para controlar a evolução de jogo. Na situação inicial, o labirinto e respetivo conteúdo são apresentados no ecrã, não existindo qualquer ação nem movimento. Ao ser pressionada uma tecla de direção, a ação tem início: o *pac-man* movimenta-se segundo a direção escolhida. Após 5 segundos (o aluno pode definir outro valor) os fantasmas entram no labirinto e começam a deslocar-se. O jogo desenrola-se a partir daí até o *pac-man* ser apanhado por um fantasma ou uma bola com poderes ser comida. Neste caso, o jogo entrará num novo estado, de tempo limitado (definido pelo aluno), correspondente à fase em que os fantasmas ficam vulneráveis. Este estado termina quando se esgota o tempo especificado ou quando todos os fantasmas forem comidos e reverterem ao comportamento normal. A totalidade dos estados e transições entre os mesmos deverão ser identificadas pelo aluno de acordo com o funcionamento definido para o jogo.

Notar que para a gestão da evolução do estado em que os fantasmas se encontram pode também recorrer a uma máquina de estados independente da referida acima, mas esta linha de desenvolvimento é opcional.

Como é evidente, para que o jogo possa decorrer, será necessário incluir um "motor de jogo" que permita realizar a evolução dos elementos do jogo com base num temporizador. Para esse efeito, deve usar o motor simplificado fornecido no Anexo B. Notar que o temporizador atuará sobre a máquina de estados, de modo a fazer evoluir todos os elementos.

Durante o jogo o mesmo poderá ser colocado em pausa. Quando estiver em pausa deverá ser possível sair do jogo ou salvaguardar o jogo para o poder restaurar numa execução futura da aplicação. Quando for escolhida a opção do menu principal para iniciar um jogo, deve ser detetado se existe um jogo gravado

e deve perguntar se pretende continuar o jogo anterior. Caso o jogador responda que não, essa possibilidade não dever ser facultada novamente para esse jogo guardado.

A máquina de estados apenas se aplica ao momento de jogo, não devendo ser usada para gerir as opções no ecrã inicial da aplicação ou, por exemplo, a consulta do *Top 5*.

Para representação em memória do tabuleiro que suporta o labirinto deverá ser usada a `class Maze` do Anexo C. Os elementos geridos pela classe devem implementar a `interface IMazeItem` também definida no Anexo C. As classes e interfaces referidas não podem ser alteradas. Caso venha a ser identificado algum problema no enunciado relativamente a esta estrutura, serão fornecidas novas versões que permitam resolver esses problemas.

Não é admitido o recurso a bibliotecas externas. As implementações devem recorrer exclusivamente à Java API, JavaFX (na Meta 2) ou bibliotecas referidas explicitamente no contexto deste enunciado.

Objetivos e requisitos

Os objetivos das duas metas do trabalho prático são os seguintes:

- **Primeira meta**:
    - Estruturação do projeto em *packages*;
    - Diagrama de estados completo;
    - Classes representativas dos dados e de todos os elementos que integram o jogo;
    - Máquina de estados para gerir a evolução do jogo;
    - Interface básica para testes dos desenvolvimentos
        - Nesta meta, caso pretenda, pode recorrer a uma biblioteca que faça a implementação do sistema `Curses` para facilitar o posicionamento do cursor no ecrã, por exemplo, a biblioteca `Lanterna`;

- **Segunda meta** (adicionalmente ao implementado na primeira meta):
    - Implementação do jogo com uma interface com o utilizador (IU) em modo gráfico (*JavaFX*) A atualização desta interface, bem como outras atualizações de informação, deverá estar de acordo com o padrão de notificações assíncronas estudado nas aulas;
    - Implementação do *Top 5*, incluindo a criação, registo de novo resultado, persistência (serialização) e apresentação através de interface gráfica;
    - As interfaces com o utilizador básicas que não sejam significativamente distintas de uma versão em modo texto serão bastante penalizadas. Espera-se que as interfaces com o utilizador sejam apelativas, intuitivas e funcionais;
    - Gravação e restauro do jogo em ficheiro binário através do processo de seriação;
    - Código devidamente comentado usando *JavaDoc*;
    - Incorporação de testes unitários nas classes relativas à máquina de estados.

Estrutura de projeto

A aplicação deve estar organizada em *packages*, incluindo os seguintes (podem existir outros):

- **`pt.isec.pa.tinypac`** – *package* que abrange toda a aplicação;
- **`pt.isec.pa.tinypac.model`** – tem a classe que constitui a fachada de acesso à lógica, que internamente distribui as responsabilidades que lhe são pedidas, gerindo a dinâmica de processamento através de uma máquina de estados. Esta classe apenas será obrigatória na segunda meta. Na primeira meta a interface com o utilizador deverá aceder às funcionalidades através da classe *Context* da FSM;
- **`pt.isec.pa.tinypac.model.fsm`** – contém as classes referentes à máquina de estados e respetiva hierarquia de estados;
- **`pt.isec.pa.tinypac.model.data`** – contém as classes que representam as estruturas de dados e respetiva gestão. Inclui a classe `Maze` e a interface `IMazeItem`;
- **`pt.isec.pa.tinypac.gameengine`** – Código fornecido relativo ao "motor de jogo";
- **`pt.isec.pa.tinypac.ui.text`** – classe(s) que implementa(m) a interface em modo texto;
- **`pt.isec.pa.tinypac.ui.gui`** – classes que implementam a interface em modo gráfico em *JavaFx* (apenas na segunda meta).

Regras gerais

O trabalho deve ser realizado individualmente, sendo a elaboração do trabalho dividida em duas metas separadas.

As datas de entrega do trabalho nas duas metas são as seguintes:

- Primeira meta: **2 de maio (8h00)**;
- Segunda meta: **19 de junho (8h00)**.

As entregas correspondentes às duas metas do trabalho devem ser feitas através do *Nónio/InforEstudante* num ficheiro compactado no formato **ZIP** e apenas neste formato. O nome deste ficheiro deve obrigatoriamente incluir o primeiro nome, o último nome e o número de estudante (constante no Nónio).

Exemplo: `Antonio-Ferreira-202006104.zip`

Em ambas as metas, o ficheiro **ZIP** deve conter, pelo menos:

- O projeto com todo o código fonte produzido (projeto *IntelliJ* ou *Visual Studio Code*, sem diretórios de *output* da compilação: `bin`, `build`, `out` ou similares);
- Eventuais ficheiros adicionais de dados e recursos auxiliares necessários à execução do programa, caso não estejam incluídos nos diretórios do projeto referidos no ponto anterior;
- O relatório em formato **PDF**.

O relatório deve incluir, em ambas as metas:

- Uma descrição sintética acerca das opções e decisões tomadas na implementação (máximo de uma página);
- O diagrama da máquina de estados que controla o jogo, devidamente explicado; neste diagrama, o nome atribuído às transições de estado deve corresponder ao nome dado às funções da hierarquia de estados a que correspondem e o nome dos estados deve também corresponder ao nome das classes que os representam;
- Diagramas de outros padrões de programação que tenham eventualmente sido aplicados no trabalho;
- Descrição sucinta das classes utilizadas no programa (o que representam e os objetivos);
- Descrição sucinta do relacionamento entre as classes (podem ser usados diagramas UML);
- Para cada funcionalidade esperada da aplicação, a indicação de cumprido/implementado totalmente ou parcialmente (especificar o que foi efetivamente cumprido neste caso) ou não cumprido/implementado (especificar a razão). O uso de uma tabela pode simplificar a elaboração desta parte.

A primeira meta será sujeita a uma apresentação e discussão da linha de desenvolvimento que se encontra a ser seguida, de modo a identificar situações que poderão causar dificuldades na segunda meta. Na segunda meta os trabalhos serão sujeitos a defesa, a qual incluíra a apresentação, explicação e discussão do trabalho apresentado, podendo ainda incluir a realização de alterações ao que foi entregue.

À primeira meta do trabalho corresponde um coeficiente (fator multiplicativo) igual a **0.9** ou **1.0** e à segunda meta **12** valores**.** A classificação final será o resultado da multiplicação do coeficiente da primeira meta com o resultado obtido na segunda.

Anexo A

Exemplo de um ficheiro de definição de um nível (exemplo de nome: `Level01.txt`)

```
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xooooooooooooxxxooooooooooooox
xoxxxxoxxxxxoxxxoxxxxxoxxxxox
xOxxxxoxxxxxoxxxoxxxxxoxxxxOx
xoxxxxoxxxxxoxxxoxxxxxoxxxxox
xooooooooooooooooooooooooooox
xoxxxxoxxoxxxxxxxxxoxxoxxxxox
xoxxxxoxxoxxxxxxxxxoxxoxxxxox
xooooooxxoooooxxooooxxoooooox
xxxxxxoxxxxxoxxxoxxxxxoxxxxxx
xxxxxxoxxxxxoxxxoxxxxxoxxxxxx
xxxxxxoxxoooooooooooxxoxxxxxx
xxxxxxoxxoxxxxYxxxxoxxoxxxxxx
xxxxxxoxxoxyyyyyyyxoxxoxxxxxx
xWoooooooxyyyyyyyxooooooooWx
xxxxxxoxxoxyyyyyyyxoxxoxxxxxx
xxxxxxoxxoxxxxxxxxxoxxoxxxxxx
xxxxxxoxxooooooFoooooxxoxxxxxx
xxxxxxoxxoxxxxxxxxxoxxoxxxxxx
xxxxxxoxxoxxxxxxxxxoxxoxxxxxx
xooooooooooooxxxooooooooooooox
xoxxxxoxxxxxoxxxoxxxxxoxxxxox
xoxxxxoxxxxxoxxxoxxxxxoxxxxox
xOooxxooooooooMooooooooxxooOx
xxxoxxoxxoxxxxxxxxxoxxoxxoxxx
xxxoxxoxxoxxxxxxxxxoxxoxxoxxx
xooooooxxoooooxxooooxxoooooox
xoxxxxxxxxxxoxxxoxxxxxxxxxxox
xoxxxxxxxxxxoxxxoxxxxxxxxxxox
xooooooooooooooooooooooooooox
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
```

Anexo B

```
package pt.isec.pa.tinypac.gameengine;

public enum GameEngineState {READY, RUNNING, PAUSED}
```

```
package pt.isec.pa.tinypac.gameengine;

public interface IGameEngineEvolve {
    void evolve(IGameEngine gameEngine, long currentTime);
}
```

```
package pt.isec.pa.tinypac.gameengine;

public interface IGameEngine {
    void registerClient(IGameEngineEvolve listener);
    void unregisterClient(IGameEngineEvolve listener);

    boolean start(long interval); //ms; only works in the READY state
    boolean stop(); // works in the RUNNING or PAUSED states

    boolean pause(); // only works in the RUNNING state
    boolean resume(); // only works in the PAUSED state

    GameEngineState getCurrentState(); // returns the current state

    long getInterval();
    void setInterval(long newInterval); // change the interval

    void waitForTheEnd(); // wait until the engine stops
}
```

```
package pt.isec.pa.tinypac.gameengine;

import java.util.HashSet;
import java.util.Set;

public final class GameEngine implements IGameEngine {
    private GameEngineState state;
    private GameEngineThread controlThread;
    private Set<IGameEngineEvolve> clients;
    System.Logger logger;

    private void setState(GameEngineState state) {
        this.state = state;
        logger.log(System.Logger.Level.INFO,state.toString());
    }

    public GameEngine() {
        logger = System.getLogger("GameEngine");
        clients = new HashSet<>();
        setState(GameEngineState.READY);
    }
```

```
@Override
public void registerClient(IGameEngineEvolve listener) {
    clients.add(listener);
}

@Override
public void unregisterClient(IGameEngineEvolve listener) {
    clients.remove(listener);
}

@Override
public boolean start(long interval) {
    if (state != GameEngineState.READY)
        return false;
    controlThread = new GameEngineThread(interval);
    setState(GameEngineState.RUNNING);
    controlThread.start();
    return true;
}

@Override
public boolean stop() {
    if (state == GameEngineState.READY)
        return false;
    setState(GameEngineState.READY);
    return true;
}

@Override
public boolean pause() {
    if (state != GameEngineState.RUNNING)
        return false;
    setState(GameEngineState.PAUSED);
    return true;
}

@Override
public boolean resume() {
    if (state != GameEngineState.PAUSED)
        return false;
    setState(GameEngineState.RUNNING);
    return true;
}

@Override
public GameEngineState getCurrentState() {
    return state;
}

@Override
public long getInterval() {
    return controlThread.interval;
}

@Override
public void setInterval(long newInterval) {
    if (controlThread != null)
        controlThread.interval = newInterval;
}
```

```
    @Override
    public void waitForTheEnd() {
        try {
            controlThread.join();
        } catch (InterruptedException e) {}
    }

    private class GameEngineThread extends Thread {
        long interval;

        GameEngineThread(long interval) {
            this.interval = interval;
            this.setDaemon(true);
        }

        @Override
        public void run() {
            int errCounter = 0;
            while (true) {
                if (state == GameEngineState.READY) break;
                if (state == GameEngineState.RUNNING) {
                    new Thread(() -> {
                        long time = System.nanoTime();
                        List.copyOf(clients).forEach(
                            client -> client.evolve(GameEngine.this, time)
                        );
                    }).start();
                }
                try {
                    //noinspection BusyWait
                    sleep(interval);
                    errCounter = 0;
                } catch (InterruptedException e) {
                    if (state == GameEngineState.READY || errCounter++ > 10)
                        break;
                }
            }
        }
    }
}
```

Exemplo de utilização:

```
class TestClient implements IGameEngineEvolve {
    int count = 0;
    @Override
    public void evolve(IGameEngine gameEngine, long currentTime) {
        System.out.printf("[%d] %d\n",currentTime,++count);
        if (count >= 20) gameEngine.stop();
    }
}
public class TinyPAcMain {
    public static void main(String[] args) {
        IGameEngine gameEngine = new GameEngine();
        TestClient client = new TestClient();
        gameEngine.registerClient(client);
        gameEngine.start(500);
        gameEngine.waitForTheEnd();
    }
}
```

Anexo C

```
package pt.isec.pa.tinypac.model.data;

public interface IMazeElement extends Serializable {
    char getSymbol();  // returns the symbol of this element
                       //   The list of symbols is available
                       //   in the description of this work
}
```

```
package pt.isec.pa.tinypac.model.data;

public final class Maze implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;
    private final IMazeElement[][] board;

    public Maze(int height, int width) {
        board = new IMazeElement[height][width];
    }

    public boolean set(int y, int x,IMazeElement element) {
        if (y < 0 || y >= board.length || x < 0 || x >= board[0].length)
            return false;
        board[y][x] = element; // can be null
        return true;
    }

    public IMazeElement get(int y, int x) {
        if (y < 0 || y >= board.length || x < 0 || x >= board[0].length)
            return null;
        return board[y][x]; // can be null
    }

    public char[][] getMaze() {
        char[][] char_board = new char[board.length][board[0].length];
        for(int y=0;y<board.length;y++)
            for(int x=0;x<board[y].length;x++)
                if (board[y][x]==null)
                    char_board[y][x] = ' ';
                else
                    char_board[y][x] = board[y][x].getSymbol();
        return char_board;
    }
}
```