



ENSAM Casablanca

Département Informatique

Module

Mathématiques pour ingénieurs

Mini-Projet

Automates

Pr. LAZAIZ

Pr. KAMOISS

2023 - 2024

1. Objectif du Document :

Ce document a pour objectif de présenter les spécifications de réalisation d'un mini-projet par les élèves ingénieur de la 1^{ère} année du cycle d'ingénieur de la filière Intelligence Artificielle et Génie Informatique IAGI de l'**ENSAM Casablanca**. Ce mini-projet s'inscrit dans le cadre du module *Mathématiques pour ingénieurs*.

Ce mini-projet a été conçu pour offrir aux élèves ingénieurs une expérience pratique et pertinente, permettant de mettre en pratique leurs connaissances, de développer des compétences applicables dans des contextes réels et de pouvoir démontrer leur capacité en terme de créativité et d'innovation.

1. Introduction :

Les automates mathématiques, souvent abordés dans le domaine de l'informatique théorique, sont des modèles abstraits de machines capables d'exécuter des tâches selon un ensemble de règles prédéfinies. Leur simplicité conceptuelle cache une puissance remarquable qui en fait des outils fondamentaux dans de nombreux domaines de l'ingénierie et des sciences appliquées. Leur étude et leur application offrent aux ingénieurs un cadre formel pour résoudre une variété de problèmes complexes.

Les automates mathématiques sont dotés d'une puissance de calcul remarquable malgré leur simplicité. Ils peuvent représenter des systèmes complexes et résoudre des problèmes difficiles, notamment la vérification de la validité de séquences de symboles, la reconnaissance de motifs dans des données, la modélisation de processus dynamiques, et bien plus encore. Leur puissance réside dans leur capacité à traiter efficacement des problèmes de nature discrète et finie, ce qui en fait des outils précieux pour aborder des questions complexes dans divers domaines.

Les automates mathématiques trouvent des applications dans de nombreux domaines de l'ingénierie et des sciences appliquées. En informatique, ils sont largement utilisés pour la conception et l'analyse de langages de programmation, la reconnaissance de motifs dans les données, la modélisation des systèmes de calcul distribué, et la vérification formelle de logiciels. Dans le domaine des télécommunications, ils sont utilisés pour la conception de protocoles de communication et la gestion des réseaux. En génie électrique, ils sont utilisés pour la conception de circuits logiques et la vérification de systèmes embarqués. Dans le domaine de la robotique, ils sont utilisés pour la planification de mouvements et la navigation. Leur utilisation s'étend également à des domaines tels que la biologie computationnelle, la finance, la cryptographie, et bien d'autres encore.

Pour les ingénieurs, la compréhension des automates mathématiques est cruciale car elle leur permet de modéliser et de résoudre une variété de problèmes d'ingénierie de manière formelle et efficace. En utilisant des automates, les ingénieurs peuvent concevoir des systèmes plus fiables, optimiser les processus de fabrication, améliorer les performances des systèmes de communication, développer des logiciels plus sûrs, et bien plus encore. En outre, les automates offrent un cadre conceptuel puissant pour aborder des problèmes complexes et interdisciplinaires, ce qui en fait des outils essentiels dans la boîte à outils de tout ingénieur moderne.

2. Travail demandé (Cahier des charges) :

L'objectif de ce mini-projet est de réaliser deux parties complémentaires : Phase initiale et Phase Application.

i. Phase initiale :

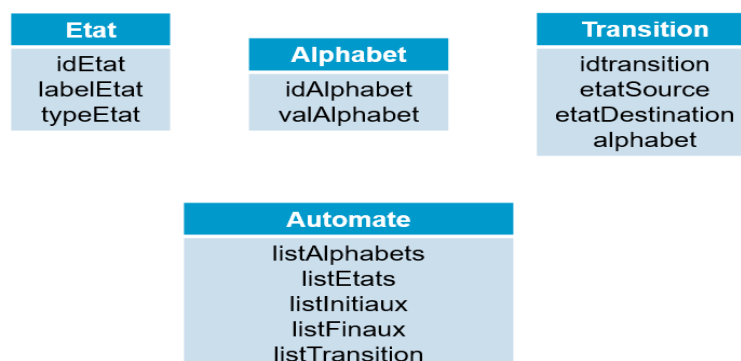
On considère un automate fini **Aut** = (**A**, **Q**, **I**, **T**, **E**) avec :

- **A** : l'alphabet utilisé pour la construction de mots
- **Q** : un ensemble fini d'états de l'automate
- **I** : un sous-ensemble de **Q** formant les états dits "initiaux", ou états "de départ".
- **T** : un sous-ensemble de **Q** formant les états dits "terminaux", ou états "finals", ou états "d'acceptation"
- **E** : un ensemble de triplets appelés "transitions" $E \subseteq Q \times A \times Q$

On adopte la modélisation par Classes suivantes :

Etat, Alphabet, Transition et Automate.

Les attributs minimaux de chaque classe sont comme suit :



Cette modélisation n'est pas forcément exhaustive, vous pouvez la compléter en fonction du travail demandé et de votre conception.

Travail demandé :

Dans cette phase initiale, on souhaite mettre en place les éléments de base qui vont nous permettre de réaliser la phase application.

Donc il est demandé de :

1. Créer une modélisation orientée objet d'un automate et l'enrichir par les méthodes nécessaires :
 - Les fonctions setter et getter de chaque classe
 - Les fonctions permettant d'ajouter/supprimer/modifier : un état, un alphabet, type d'un état, une transition
2. Créer une fonction qui permet la lecture d'un automate à partir d'une entrée de la forme suivante :

`[alphabet, états, états_initiaux, états_finaux, transitions]`

L'exemple suivant illustre le besoin précédent :

A partir de la liste suivante

```
[ [ 'a' , 'b' , 'c' , 'd' , 'e' ] ,  
  [ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 ] ,  
  [ 1 , 3 , 6 ] ,  
  [ 6 ] ,  
  [ (1,'a',2) ,  
    (1,'a',4) ,  
    (2,'a',2) ,  
    (2,'c',5) ,  
    (2,'d',5) ,  
    (3,'b',2) ,  
    (3,'b',4) ,  
    (4,'b',4) ,  
    (4,'c',5) ,  
    (4,'d',5) ,  
    (5,'e',6)  
  ]  
]
```

La fonction précédente doit instancier un objet de la classe automate en lui affectant à ses attributs les données fournies dans la liste précédente.

3. Développer les fonctionnalités principales suivantes :

- Rendre un automate Déterministe s'il ne l'est pas
- Rendre un automate complet s'il ne l'est pas
- Minimiser un automate s'il ne l'est pas
- Affichage du graphe de transition de l'automate sous forme graphique
- Autres fonctionnalités qui sont nécessaires pour la phase application

ii. Phase Application

Après la phase initiale, on s'intéresse à la création d'une application complète qui utilise la modélisation et les fonctions développée dans la phase précédente. Cette application consiste à la mise en place d'un automate de votre choix parmi les propositions suivantes :

1. Simulateur de Machine à États Finis pour un Robot

Ce mini projet consiste à créer un système simulant le comportement d'un robot en utilisant des automates finis pour gérer ses actions. L'objectif principal est de concevoir un système qui permette de modéliser efficacement les interactions entre le robot et son environnement, en tenant compte de différentes situations telles que le déplacement, la collecte d'objets et la communication. Pour ce faire, l'étudiant devra concevoir un ensemble d'états représentant les différentes phases ou actions que le robot peut entreprendre, ainsi que les transitions entre ces états en réponse à des événements externes ou à des conditions internes. Par exemple, l'état "En attente" pourrait être suivi de l'état "Déplacement" lorsque le robot reçoit une commande de déplacement. De même, l'état "Déplacement" pourrait passer à l'état "Collecte d'objets" lorsque le robot détecte la présence d'un objet à ramasser.

2. Système de Gestion de Commandes pour un distributeur de boisson

Ce mini-projet implique la conception d'un automate qui simule le processus complet de gestion des commandes dans un distributeur automatique de boissons. L'automate gère toutes les étapes, de la prise de commande à la préparation et à la livraison des boissons sélectionnées. L'automate est conçu pour modéliser les différentes phases du processus, notamment la réception de la commande, la vérification de la disponibilité des boissons, la préparation des boissons sélectionnées et la livraison au client. Chaque étape est représentée par un état dans l'automate, avec des transitions entre les états en fonction des

événements tels que la sélection d'une boisson, la confirmation de la commande et la disponibilité des ingrédients.

3. Simulateur de Feux de Circulation

Ce mini-projet consiste à modéliser le fonctionnement d'un feu de circulation en utilisant un automate pour gérer les transitions entre les phases de couleur (vert, orange, rouge) et le contrôle du passage des véhicules et des piétons.

L'automate est conçu pour représenter les différents états du feu de circulation, tels que les phases vertes, oranges et rouges pour chaque direction du trafic, ainsi que les états spéciaux pour le passage des piétons. Les transitions entre les états sont déclenchées par des événements tels que le passage du temps et la détection de véhicules ou de piétons.

4. Simulateur de Processus d'achat en Ligne

Ce mini-projet implique la création d'un automate pour simuler le processus complet d'achat en ligne, du choix des articles au paiement final. L'automate gère toutes les étapes du processus, y compris la navigation sur le site Web, la sélection des articles, l'ajout au panier, la vérification de la disponibilité, la saisie des informations de paiement, et enfin la confirmation de la commande. L'automate est conçu pour représenter les différents états du processus d'achat, tels que la navigation, la sélection des articles, la vérification du panier, la saisie des informations de paiement, etc. Les transitions entre les états sont déclenchées par des événements tels que les clics d'utilisateur et les réponses du système.

5. Simulateur de Machine à Laver

Ce mini-projet consiste à utiliser un automate pour simuler les différentes étapes d'une machine à laver, du chargement du linge au rinçage final. L'automate représente les différents états du processus de lavage, tels que le remplissage de la cuve, le brassage du linge, le rinçage et l'essorage. Les transitions entre les états sont déclenchées par des événements tels que la sélection du programme, la détection du niveau d'eau et le chronomètre. Ce mini-projet permet aux étudiants de comprendre comment les automates finis peuvent être utilisés pour modéliser et contrôler des systèmes physiques dans la vie quotidienne, renforçant ainsi leur compréhension des principes de base de l'automatisation et du contrôle.

6. Simulateur de Jeu de Plateau avec des Règles Complexes

Ce mini-projet implique l'implémentation d'un automate pour simuler le déroulement d'un jeu de plateau comme Monopoly, le Risk ou les Échecs, qui ont des règles complexes et où les joueurs interagissent avec le système. L'automate représente les différents états du jeu, tels que la configuration du plateau, les déplacements des pièces et les interactions entre les joueurs. Les transitions entre les états sont déclenchées par des événements tels que les actions des joueurs et les règles spécifiques du jeu. Ce mini-projet offre aux étudiants l'opportunité d'explorer la modélisation des systèmes complexes à l'aide des automates finis, en mettant en pratique leurs connaissances en algorithmique et en logique de jeu.

7. Simulateur de Système d'Alarme de Maison

Ce mini-projet vise à créer un automate pour simuler un système d'alarme de maison avancé, en modélisant les différentes étapes telles que l'activation, la désactivation et la réponse aux événements. L'automate représente les différents états du système d'alarme, tels que l'état armé, désarmé et déclenché. Les transitions entre les états sont déclenchées par des événements tels que la saisie du code PIN, la détection de mouvement et les signaux d'alerte. Ce mini-projet permet aux étudiants de comprendre comment les automates finis peuvent être utilisés pour modéliser et gérer des systèmes de sécurité complexes, renforçant ainsi leur compréhension des principes de base de la surveillance et de la réactivité.

8. Automate pour la Génération de Musique

Ce mini-projet consiste à utiliser un automate pour générer des séquences musicales en fonction de règles définies, explorant ainsi la musique algorithmique. L'automate représente les différents motifs musicaux et les transitions entre eux, basés sur des règles harmoniques et rythmiques. Les événements déclencheurs peuvent inclure des signaux externes ou des déclencheurs internes, déterminant les changements de motifs et les variations musicales. Ce mini-projet offre aux étudiants l'occasion de combiner la créativité musicale avec les concepts d'automates finis, explorant ainsi les possibilités de la génération de musique assistée par ordinateur.

9. Automate de Langage de Programmation Simple

Ce mini-projet consiste à concevoir un automate qui peut interpréter et exécuter des instructions dans un langage de programmation très basique. L'automate représente les différentes instructions du langage, telles que les affectations de variables, les boucles et les conditions. Les transitions entre les états de l'automate sont déclenchées par les symboles du langage et les règles syntaxiques. Ce mini-projet offre aux étudiants l'occasion de mettre en pratique leurs connaissances en langages de programmation et en automates finis, en explorant la conception et l'implémentation d'un interpréteur de langage simple.

10. Automate pour le Jeu de la Vie

Ce mini-projet implique l'implémentation de l'automate cellulaire de Conway pour simuler l'évolution de structures complexes à partir d'un ensemble de règles simples. L'automate représente les cellules d'une grille bidimensionnelle, où chaque cellule peut être soit vivante, soit morte. Les transitions entre les états des cellules sont déterminées par les règles du jeu, basées sur le nombre de voisins vivants de chaque cellule. Ce mini-projet offre aux étudiants l'opportunité d'explorer les automates cellulaires et leurs applications en modélisation de systèmes dynamiques.

11. Automate pour la Vérification de Mots de Passe

Ce mini-projet consiste à utiliser un automate fini pour vérifier la force des mots de passe en fonction de certaines règles prédéfinies. L'automate représente les différentes conditions que le mot de passe doit remplir, telles que la longueur minimale, la présence de caractères spéciaux et de chiffres. Les transitions entre les états de l'automate sont déclenchées par les caractères du mot de passe et les règles de vérification. Ce mini-projet permet aux étudiants de comprendre comment les automates finis peuvent être utilisés pour implémenter des systèmes de validation de données, renforçant ainsi leur compréhension des principes de base de la sécurité informatique.

12. Automate pour la Reconnaissance de Langue

Ce mini-projet vise à concevoir un automate qui peut déterminer la langue d'un texte en fonction de la fréquence des lettres. L'automate représente les différents modèles de fréquence des lettres pour chaque langue prise en charge. Les transitions entre les états de

l'automate sont déclenchées par les lettres du texte et les modèles de fréquence associés à chaque langue. Ce mini-projet offre aux étudiants l'occasion d'explorer les techniques de traitement du langage naturel et de mettre en œuvre un système de reconnaissance de langue simple.

13. Reconnaissance de Modèles dans un contexte IA

Ce mini-projet consiste à concevoir et à mettre en œuvre un automate mathématique fini (AMF) pour la reconnaissance de modèles dans des données complexes, telles que des séquences de caractères, des images ou des séquences temporelles. Les étudiants utiliseront des concepts d'AMF et des techniques d'apprentissage automatique pour construire un système capable de détecter et de classer des motifs dans des ensembles de données réels.

14. Reconnaissance de Gestes dans un contexte IA

Ce mini-projet vise à concevoir et à simuler un automate mathématique fini pour reconnaître et interpréter des gestes réalisés par un utilisateur dans un contexte d'interaction homme-machine. Les étudiants auront pour tâche d'utiliser des données de mouvement capturées à l'aide de capteurs ou de caméras pour entraîner et tester l'automate, en explorant différentes techniques de modélisation pour la reconnaissance de gestes.

15. Automate pour le Système de Contrôle d'un Robot Mobile

Ce mini-projet vise à concevoir un système de contrôle pour un robot mobile en utilisant des automates finis. L'objectif est de créer un ensemble d'états représentant les différents comportements du robot, tels que le déplacement en ligne droite, les virages à gauche ou à droite, l'arrêt, etc. Les transitions entre les états sont déclenchées par des événements tels que les commandes de l'utilisateur ou les données des capteurs du robot. Les étudiants devront également tenir compte des contraintes physiques du robot, telles que sa vitesse maximale et sa capacité de virage, pour concevoir un système de contrôle efficace.

16. Automate pour la Génération de Texte Aléatoire

Ce mini-projet consiste à créer un automate capable de générer du texte aléatoire en respectant une grammaire donnée. Les étudiants devront concevoir un ensemble d'états représentant les différentes parties du discours (noms, verbes, adjectifs, etc.) ainsi que les règles de transition entre ces états. En utilisant cet automate, les étudiants pourront générer des phrases et des paragraphes cohérents qui suivent les règles de la grammaire spécifiée.

17. Simulateur de Processus de Production dans une Usine

Ce mini-projet implique la création d'un simulateur de processus de production utilisant des automates pour modéliser le flux de production dans une usine. Les étudiants devront concevoir un ensemble d'états représentant les différentes étapes du processus de production, telles que la fabrication, l'assemblage et l'inspection, ainsi que les transitions entre ces états en fonction des événements tels que l'achèvement d'une tâche ou la détection d'un défaut. Ce simulateur permettra aux étudiants d'explorer et d'optimiser les processus de production dans un environnement virtuel.

18. Automate de Reconnaissance de Caractères Manuscrits

Dans ce mini-projet, les étudiants développeront un automate qui peut reconnaître et interpréter des caractères manuscrits à partir d'images numérisées. L'automate sera conçu pour modéliser les différentes formes et structures des caractères, ainsi que les transitions entre ces caractères en fonction des similarités visuelles et des règles de reconnaissance. En utilisant des techniques de traitement d'image et de reconnaissance de formes, les étudiants pourront entraîner l'automate à reconnaître efficacement les caractères dans des images réelles.

19. Automate pour la Simulation de Réseaux de Communication

Ce mini-projet implique la création d'un automate pour simuler le fonctionnement des réseaux de communication. Les étudiants devront concevoir un ensemble d'états représentant les différents nœuds du réseau, ainsi que les transitions entre ces états en fonction des événements tels que les transmissions de données, les collisions et les retransmissions. Ce simulateur permettra aux étudiants de comprendre et de modéliser les interactions complexes qui se produisent dans les réseaux de communication réels.

20. Automate pour la Génération de Graphes Aléatoires

Dans ce mini-projet, les étudiants développeront un automate qui peut générer des graphes aléatoires avec différentes propriétés. L'automate sera conçu pour modéliser les différentes étapes du processus de génération de graphes, telles que l'ajout de nœuds et d'arêtes, ainsi que les transitions entre ces étapes en fonction des paramètres de génération spécifiés par l'utilisateur. Ce mini-projet permettra aux étudiants d'explorer les propriétés et les structures des graphes aléatoires, ainsi que leur application dans différents domaines.

21. Automate de Gestion de Projet

Ce mini-projet vise à créer un automate pour gérer les différentes étapes d'un projet, en modélisant les tâches, les dépendances et les ressources nécessaires à leur réalisation. Les étudiants devront concevoir un ensemble d'états représentant les différentes étapes du projet, ainsi que les transitions entre ces états en fonction des événements tels que l'achèvement d'une tâche ou l'allocation de ressources. Ce mini-projet permettra aux étudiants d'explorer et de comprendre les concepts de gestion de projet dans un environnement virtuel.

22. Simulateur de Système de Navigation pour Véhicule Autonome

Dans ce mini-projet, les étudiants développeront un simulateur de système de navigation utilisant des automates pour contrôler les mouvements d'un véhicule autonome dans un environnement virtuel. L'automate sera conçu pour modéliser les différents états du véhicule, tels que le déplacement, l'arrêt, l'évitement d'obstacles, etc., ainsi que les transitions entre ces états en fonction des données des capteurs et des commandes de l'utilisateur. Ce simulateur permettra aux étudiants d'explorer et de tester les algorithmes de navigation utilisés dans les véhicules autonomes dans un environnement sûr et contrôlé.

23. Automate pour la Simulation de Phénomènes Naturels

Ce mini-projet implique la création d'un automate pour simuler des phénomènes naturels tels que la croissance des plantes, la diffusion de polluants ou la propagation d'épidémies dans des populations. Les étudiants devront concevoir un ensemble d'états représentant les différentes entités et processus impliqués dans le phénomène simulé, ainsi que les transitions entre ces états en fonction des interactions locales et des conditions environnementales. Ce mini-projet permettra aux étudiants d'explorer les modèles et les simulations utilisés en écologie, en géologie, en épidémiologie, etc.

24. Automate pour la Simulation de Marchés Financiers

Ce mini-projet vise à créer un automate pour simuler le comportement des marchés financiers, en modélisant les transactions, les fluctuations de prix et les interactions entre les acteurs du marché. Les étudiants devront concevoir un ensemble d'états représentant les différents types d'acteurs et d'instruments financiers, ainsi que les transitions entre ces états en fonction des événements tels que les ordres d'achat ou de vente, les annonces économiques, etc. Ce simulateur permettra aux étudiants d'explorer les mécanismes et les dynamiques des marchés financiers dans un environnement virtuel.

Il est à noter que vous pouvez opter pour un autre sujet qui ne figure pas dans cette liste. Dans ce cas, il faut envoyer la description détaillée de ce sujet à l'adresse email suivante kamouss.abdessamad@ensam-casa.ma pour validation.

Il convient de mentionner que ces sujets ont été conçus afin de vous permettre de profiter amplement de la puissance des automates et de la force du langage Python ainsi ils permettent de susciter votre sens de créativité. Ci-dessous quelques références portant sur les Automates Mathématiques et le langage Python qui peuvent vous aider dans la réalisation de ce mini-projet.

- "Introduction to the Theory of Computation" par Michael Sipser.
- "Automata and Computability" par Dexter C. Kozen.
- "Automata Theory, Languages, and Computation" par John E.Hopcroft, Rajeev Motwani, et Jeffrey D. Ullman.
- "Automate the Boring Stuff with Python" par Al Sweigart.
- "Python Crash Course" par Eric Matthes.
- "Learning Python" par Mark Lutz.

3. Livrables Attendus :

Les livrables attendus de ce mini-projet sont :

1. Un rapport détaillé du mini-projet

Le rapport doit contenir au moins une introduction et doit détailler toutes les étapes de réalisation et les résultats obtenus durant les deux phases : Initiale et application.

Ce rapport doit être en format **PDF** et peut contenir entre 20 et 30 pages environ.

2. Une présentation du travail réalisé en ce projet

Cette présentation doit contenir clairement votre réalisation avec des captures d'écran qui illustrent les résultats de la phase initiale, la conception de la phase application et des captures d'écran illustrant la réalisation de la phase application. Cette présentation ne dépasse pas 10 minutes et doit être en **Powerpoint, Beamer**, ou une forme équivalente.

3. Codes sources python des réalisations

L'ensemble de l'implémentation python doit être rassemblée dans un dossier puis compressée sous forme d'un fichier **WinZip** ou **WinRar**

La remise de ces 3 livrables doit être faite sur le lien google form suivant :

Filières	Lien de remise du travail
IAGI	https://forms.gle/NWkzzihuLoFYWZ166

Date limite de remise du travail : **25 Mai 2024 à 23h00.**



ENSAM Casablanca

Département Informatique

Mathématiques pour Ingénieurs

2023 - 2024