

# Rapport de la première soutenance

Samy YACEF – Arthur LE FLEM  
Mathis VILLEMIN – Augustin GLORIAN  
Promo EPITA 2026  
Theia

30 octobre 2022

Projet S3 : OCR Sudoku Solver



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Présentation du groupe</b>	<b>4</b>
1.1	Présentation général du groupe et des répartitions . . . . .	4
1.2	Présentation de chaque membre et de ses tâches . . . . .	5
1.2.1	Samy . . . . .	5
1.2.2	Arthur . . . . .	6
1.2.3	Mathis . . . . .	7
1.2.4	Augustin . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Avancement du projet</b>	<b>9</b>
2.1	Pré-traitement de l'image . . . . .	9
2.1.1	Image en noir et blanc . . . . .	9
2.1.2	Rotation d'image . . . . .	9
2.1.3	Découpage des cases d'un sudoku . . . . .	10
2.1.4	Détection de la grille . . . . .	10
2.2	Réseau de neurone . . . . .	10
2.3	Post-traitement de l'image . . . . .	11
2.3.1	Solver . . . . .	11
2.3.2	Reconstruire la grille . . . . .	11
2.4	UI . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Pour la version finale</b>	<b>12</b>
3.1	Pré-traitement de l'image . . . . .	12
3.1.1	Image en noir et blanc . . . . .	12
3.1.2	Rotation d'image . . . . .	12
3.1.3	Découpage des cases d'un sudoku . . . . .	12
3.1.4	Détection de la grille . . . . .	12
3.2	Réseau de neurone . . . . .	12
3.3	Post-traitement de l'image . . . . .	13
3.3.1	Solver . . . . .	13
3.3.2	Reconstruire la grille . . . . .	13
3.4	UI . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>14</b>

# 1 Présentation du groupe

## 1.1 Présentation général du groupe et des répartitions

Ce projet consiste à créer un sudoku solver c'est à dire que lorsqu'on donne une image à notre programme, celui-ci détecte le sudoku grâce à un réseau de neurone puis le résout et affiche le résultat final qui est le sudoku résolu. Pour cette réalisation, nous nous sommes mis à quatre pour développer cette application.

Nous avons créé ce groupe facilement car dès notre première année à EPITA, nous étions déjà dans la même classe malgré que nous n'ayons pas fait de projet en commun avant. De ce fait, dès la mise en ligne du cahier des charges et au fait que nous étions dans la même classe, nous sommes venu l'un vers l'autre très rapidement afin de constituer ce groupe que l'on a nommé Theia en rapport à la déesse de la vue. En effet, la déesse de vue est une bonne métaphore concernant une application qui traite des images et donc du visuel.

Moins d'une semaine après la création du groupe, nous avons organisé une réunion afin de découper le projet et de se répartir les tâches. Nous avons donc pris la décision après plusieurs lectures du cahier des charges de répartir les tâches en deux grosses sections : le traitement de l'image et le réseau de neurone. Suite à ce découpage, Samy et Arthur ont choisit la partie consacré au réseau de neurone et Mathis et Augustin ont donc pris la partie consacré au traitement des images qui faisait première vue moins peur que le réseau de neurone.

Dans la section de traitement des images, nous avons découpé le travail en deux sous-parties : pré-traitement et post-traitement qui sont elles-même découpé en plusieurs fonctions.

Membre	Partie
Pré-traitement des images	Mathis et Augustin
Réseau de neurone	Samy et Arthur
Post-traitement des images	Mathis et Augustin
Interface Utilisateur	Mathis et Augustin

Nous avons tous pendant une semaine entreprit de faire des recherches sur notre section. Afin de savoir comment débiter et par quoi. Nous avons donc refait une réunion durant laquelle nous avons mis en place un repository sur GitHub pour faciliter le développement du projet. Nous avons également mis en place grâce au site Overleaf un dossier à partir duquel nous rédigeons tous nos documents en Latex (comme ce rapport). Et enfin, nous communiquons majoritairement via discord et grâce aux cours ou durant notre réunion hebdomadaire.

## 1.2 Présentation de chaque membre et de ses tâches

### 1.2.1 Sammy

Étant étudiant étranger, j'ai rejoint l'EPITA, après un cursus scolaire dans un établissement français à l'étranger. J'ai pu rencontrer de nombreuses personnes d'origine diverses et variées, et cela m'a permis d'évoluer et d'en apprendre plus sur moi-même.

Après cette introspection, j'ai commencé une recherche concernant ma carrière future et après le stage de 3ème dans une entreprise de matériel informatique concurrente à celle de ma mère, j'ai pu découvrir le métier de technicien informatique dans leur service après-vente. J'ai ressenti une certaine attirance pour le domaine de l'IT.

De mère ingénieure électronique et cheffe d'entreprise en Informatique, j'ai été, et ce depuis le plus jeune âge, baigné dans ce domaine mais sans avoir une réelle attirance pour un domaine en particulier. Nous avons eu l'occasion l'année dernière notamment, de réaliser un jeu vidéo, nous plongeant directement dans ce domaine pour avoir un petit aperçu de ce dernier. J'espère ainsi à travers ce projet, évoluer encore une fois, et déterminer une possible attirance pour le domaine de l'imagerie.

J'attendais avec impatience le début du projet de S3 car je savais que le défi serait présent et un résultat concret serait visible. En effet la plupart des tâches à réaliser, notamment les TPs, que nous avons fait ont été assez théoriques et centrés sur la maîtrise d'une ou plusieurs composantes de la programmation informatique tel que les pointeurs.

De plus, ce projet m'a permis de mettre en pratique toutes les connaissances que j'ai acquises au cours de ces deux premières années universitaires, mettant en lumière les progrès que j'ai fait et ceux malgré certaines difficultés au début.

C'est pour cette raison que je me suis porté volontaire pour la mise en place du réseau de neurones, qui, pour être tout à fait honnête, nous a fait assez peur car sans réel base en IA, cette partie du projet semblait assez floue et très complexe. J'ai eu certes de nombreuses difficultés au départ mais des recherches approfondies quant au mode de fonctionnement des réseaux de neurones m'ont permis d'y voir plus clair quant à une potentielle implémentation dans le logiciel de reconnaissance et de résolution de sudoku.

De plus, l'ambiance conviviale et chaleureuse au sein de notre groupe m'a poussé à donner le meilleur de mes capacités dans ce projet. Un esprit d'entraide était aussi très présent, cela nous a permis d'avancer ensemble et d'échanger sur les problèmes que chacun rencontre et réfléchir ensemble à une solution si nécessaire. Ce travail d'équipe est d'autant plus nécessaire dans un projet comme celui-ci où chacune des composantes du projet doit être en accord avec les autres.

### 1.2.2 Arthur

Au cours de mon parcours scolaire j'ai pu développer des premières compétences en informatiques dans certains langages tel que python, c#, html, css, interfaces utilisateur ou encore technologie web. Et je n'ai qu'une grande motivation, travailler sur ces sujets. C'est pourquoi le choix d'EPITA était logique.

Ce n'est pas la première fois que je réalise un tel projet de groupe, puisqu'au lycée mon groupe et moi avons mis au point un puissance 4 dans le cadre de la spécialité numérique et science informatique en classe de première. Nous étions 3 et nous avons développé le jeu en python.

Cela m'a permis de perfectionner mes compétences en python, interface utilisateur et expérience utilisateur puisque le jeu était lancé sur une fenêtre à part, ainsi qu'en intelligence artificielle car nous avons doté le jeu d'un robot que l'on peut défier. Le jeu se joue à deux joueurs ou alors à un joueur contre le robot.

D'autre part l'année dernière j'ai pu développer un jeu vidéo sur ordinateur. Nous étions un groupe de quatre exactement comme pour ce nouveau projet. Et nous sommes arrivés à produire un jeu comme convenu avec lequel nous pouvons jouer en multijoueur sur plusieurs ordinateurs différents.

Ainsi je vais pouvoir mettre à profit l'expérience que j'ai acquise au cours de ses fabuleux projets pour la réalisation d'un résolveur de sudoku à l'aide d'une reconnaissance optique de caractères. Ce nouveau projet est aussi excitant que redoutable puisqu'il repose sur un processus informatique complexe et extrêmement puissant.

Mais nous sommes également plus autonomes qu'avant sur ce projet dans le sens où le cahier des charges est spécifique sur le fonctionnement mais ne nous guide pas pour accomplir le résultat attendu. Je suis donc convaincu que ce projet me permettra de renforcer mes compétences et d'en acquérir de nouvelles. De plus, je peux mettre à profit mes capacités afin d'aider mes camarades à avancer sur le résolveur de sudoku.

La partie que j'ai trouvée la plus intrigante et la plus intéressante est clairement l'implémentation du réseau de neurones qui va nous servir pour la reconnaissance optique de caractères. C'est donc sur cette partie que je me suis proposé de travailler, proposition que notre groupe a acceptée.

Travailler ensemble pour ce projet a été un choix évident pour tous les membres depuis le départ. Nous avons eu la chance d'être tous les quatre dans la même classe l'année dernière. C'est d'ailleurs là que nous nous sommes rencontrés. Nous nous faisons confiance, nous sommes exigeants et nous attendons toujours plus du résultat de l'équipe. C'est pour cela que travailler sur ce projet avec notre groupe est motivant et stimulant.

### 1.2.3 Mathis

Bonjour ! je suis Mathis Villemin. j'ai découvert l'informatique en première avec les cours de NSI. Je me suis tout de suite très intéressé a cette matière qui est devenue ma matière de prédilection très rapidement. j'y ai découvert le python et le web et j'ai pu m'épanouir avec des projets personnels comme un algorithme permettant de caché un message dans une image (stéganographie).

Ce projet de S3 est pour moi une occasion de m'améliorer sur différents sujets.

Pour commencer la prise d'information.

Durant la conception du projet de S3 je me suis pose une quantité importante de question que ce soit sur la manière la plus simple de répondre à un problème ou le fonctionnement de certain fonction. j'ai donc développé mes capacités de recherche d'information, compréhension des codes et de réflexion personnelle. Par exemple j'ai lu une bonne partie de la documentation de SDL pour connaitre les fonctions utilisables et les possibilités que cette bibliothèque nous offre. Certaine fonction (notamment `SDL_CreateRGBSurface`) m'ont posé plus de problème. l'apparition d'un masque de bits ma perturbé et obligé à lire en détail les spécification pour comprendre "In fine" que le masque pouvait être ignoré. j'ai dû chercher et analyser le code de plusieurs personne afin de l'utiliser de la bonne manière.

Le partage d'information.

Puisque nous avons répartie les différentes étapes de l'OCR nous avons dû communiquer sur la manière dont l'information sera passé entre chaque partie ainsi que sur l'architecture final du projet. Nous avons aussi beaucoup communiqué sur l'avancement du projet les défaillances et les améliorations. Par exemple les reviews de push request devenait parfois l'occasion de passer plusieurs heures de plus sur le projet pour trouver la provenance d'un bug que l'on vient de trouver. Partager l'information sans inonder nos discussions est aussi important. Par exemple nous tenons à jour un tableau représentant l'avancement du projet pour partager cette information sans encombrer nos réseaux de communication.

Ma compréhension du langage C.

J'ai relu un grand nombre de fois le cours de programmation de Monsieur David afin de comprendre pourquoi un pointeur était NULL ou pourquoi mon programme retourné un segment fault. Tous ces erreurs m'ont permis d'augmenter mon niveau de programmation en C et en général.

J'attends beaucoup des opportunités d'apprentissage de ce projet que ce soit une amélioration technique ou humaine. Je sais que ce projet changera ma manière de procéder et j'espère pour faire une partie des bonus qui semblent intéressant ou fun comme la possibilité de faire un hexadocu voir de rendre l'OCR compatible avec tous les tailles de sudoku.

#### 1.2.4 Augustin

Quelques mois après mon arrivée au lycée, au moment de choisir mes spécialités pour mon année de première, je me suis remis en question et j'ai réfléchi à ce que j'aimais faire durant mon temps libre. Après de longues heures de recherche intérieur et d'échange avec mes proches, je suis arrivé à la conclusion que j'aimais passer du temps sur mon ordinateur principalement à jouer à des jeux vidéos. Je me suis donc naturellement tourné vers la spécialité Numérique et Sciences Informatiques qui me permettrait d'en savoir plus sur l'outil que j'utilise au quotidien.

Durant mes deux dernière année d'étude au lycée et grâce à ma spécialité NSI, je me suis davantage rapproché de l'univers de l'informatique en dehors des jeux vidéos. Je me suis notamment intéressé à programmer mon propre bot discord étant donné que discord est quasiment omniprésent dans ma vie de part son originalité, sa simplicité, son esthétique, sa convivialité et sa confidentialité.

Grâce à ce rapprochement à l'informatique, je me suis dirigé vers EPITA à ma sortie de lycée étant donné que c'est l'une des seules écoles d'informatique qui délivrent également un diplôme d'ingénieur. Grâce à mon entrée dans cette école, j'ai pu approfondir considérablement mes connaissances dans le fonctionnement d'appareil électrique et des programmes en leur sein.

De plus, j'ai réalisé déjà deux incroyables projets durant dès ma première année dans cette école avec notamment la création d'un jeu vidéo. De ce fait, j'avais hâte de commencer ce nouveau projet pour mon troisième semestre au sein de l'école.

De ce fait, grâce à mes premières années à EPITA, je comprends mieux les ordinateurs, leurs fonctionnements et je peux donc plus facilement développer des petits projets sympatiques qui viennent en complément de ma scolarité à EPITA. Je prends l'exemple de plusieurs bots discord que je continue de développer avec des fonctionnalités qui s'adaptent en fonction du serveur et de la demande des membres. J'ai également mis en place sur un serveur distant, un nuage qui me permet de facilement transférer des fichiers de manière sécurisée sans passer par des services tiers comme WeTransfer.

Je suis donc très motivé pour réaliser dans son intégralité l'application demandée avec l'aide de mon groupe afin de toujours chercher à apprendre de nouvelles choses et à développer mes compétences dans ce domaine que j'aime tant.



## 2 Avancement du projet

Nous avons entrepris d'avancer par duo afin de pouvoir s'entre-aider pour facilement tout en avançant sur des parties différentes. Cette méthode s'est avéré payante et nous avons pu obtenir une bonne avancée suite à la mise en route du projet.

Vous pouvez observer nos avancées pour cette première soutenance et une projection de notre avancée pour la dernière soutenance dans le tableau ci dessous.

	1ère soutenance	Soutenance Finale
Pré-traitement des images	20 %	100 %
Réseau de neurone	25 %	100 %
Post-traitement des images	30 %	100 %
Interface Utilisateur	x	100 %

### 2.1 Pré-traitement de l'image

Dans cette partie, nous nous sommes concentré sur la mise en noir et blanc d'une image, sa rotation d'image et son découpage. En ce qui concerne la détection de la grille, nous l'aurons finalisé pour la prochaine soutenance.

#### 2.1.1 Image en noir et blanc

Pour plus facilement traiter l'image et ainsi pouvoir aisément détecter la grille, nous passons par une mise en noir et blanc de tous les pixels d'une image.

En effet, nous récupérons le code RGB de chaque pixel afin de le transformer via des calculs, en pixel de teinte entre le noir et le blanc.

#### 2.1.2 Rotation d'image

Dans cette partie, nous avons entrepris de créer une fonction qui permet de tourner une image d'un certain nombre de degré. En effet, une personne après avoir compilé les fichiers, peut exécuter l'exécutable avec en paramètre le nom du fichier contenant une image et le degré de l'angle.

La fonction utilise le principe des rotations matricielles c'est à dire que l'on récupère tous les pixels de l'image d'origine avec leur position, on applique la fonction matricielles afin de connaître la position de tous les pixel sur l'image final et on les place. Nous obtenons donc une image qui à pivoté d'un certain degré.

Cependant, avec cette méthode, nous perdons une partie des données lors du passage dans la fonction matricielle. En effet, étant donné que l'image va tourné et que nous allons effectuer plusieurs conversion de types, nous allons perdre en précision et donc certains pixels arrivent sur un pixel déjà occupé sur l'image finale ce qui l'écrase et procure des pixels "vide". Pour palier à ce problème, nous avons mis un fond de couleur blanc à l'image.

### 2.1.3 Découpage des cases d'un sudoku

pour le découpage nous utilisons principalement la bibliothèque de SDL qui est très utile pour manipuler des images.

le fonctionnement est très simple. on donne à la fonction la position de l'angle en à droite et les dimension du sudoku. puis le programme parcourra l'image en partant des coordonnées du sudoku en se déplacent en fonction des dimensions pour découper de manière propre chaque case du sudoku.

Les case seront ensuite enregistré en avec leur coordonnée dans le nom ce qui rendra plus simple la création du fichier text représentant le sudoku.

Ce programme est accompagné d'un make qui permet de supprimé les images de case une fois utilisé.

### 2.1.4 Détection de la grille

Nous avons malheureusement rencontré un problème pour détecter la grille. Nous nous y sommes pris trop tard ce qui a rendu sa résolution impossible. Bien que nous ayons cherché beaucoup d'information sur les fonctions de détection de grille nous avons échoué à rendre cette partie dans les temps. c'est pourquoi nous avons décidé de posé une deadlines une semaine avant la soutenance final pour s'assurer que ce genre de problème n'apparait plus.

## 2.2 Réseau de neurone

L'exigence la plus complexe pour le projet final est la reconnaissance des différents chiffres présents dans la grille et ce indépendamment de la qualité d'écriture de ces derniers par l'utilisateur ou de la qualité de la photo qui aurait prise, cette dernière sera certes a priori traitée avant d'être envoyés à l'OCR mais ce traitement a ses limites. Nous avons dû donc élaborer un algorithme qui puissent reconnaître des caractères et ceux malgré des circonstances peu favorables. Un algorithme mimant un système neuronal a donc été privilégié pour résoudre ce problème,

Notre binôme Arthur et Samy s'est occupé de sa mise en place. Pour la première présentation du projet, une implémentation d'un réseau de neurones reconnaissant un OU exclusif a été demandé et cela pour nous permettre de nous familiariser avec le principe de fonctionnement d'un réseau de neurones à travers une application de ce dernier pour un problème relativement simple et basique. De la documentation nous a été offerte, qui nous a aussi permis, de mettre en place ce réseau de neurones mais aussi de comprendre et maîtriser son fonctionnement.

Quant aux spécifications du réseau de neurones XOR, il est constitué de deux neurones d'entrée (Inputs) qui peuvent recevoir un 1 ou un 0. Ces derniers transmettent ces informations vers la couche intermédiaire (couche cachée), constitué de deux neurones, après un traitement de cette donnée à travers la multiplication par un poids, spécifique pour chacune des liaisons entre un neurone d'entrée et un neurone de la couche cachée, ce dernier représentant l'importance que cette liaison a pour le résultat final, après cette multiplication, l'ajout d'un biais, cette fois ci, spécifique à la neurone destination, dans ce cas la neurone de la couche intermédiaire, permet d'affiner le traitement de la donnée. Enfin, le résultat obtenu sera entré comme paramètre d'une fonction sigmoïde qui nous assurera que le résultat sera compris strictement entre 0 et 1. Ce processus est répété à chaque passage de l'information d'un neurone à un autre jusqu'à être renvoyé à l'utilisateur à travers le neurone de sortie (Output).

Afin d'entraîner le réseau de neurones, on donne a ce dernier une série dite d'entraînement, cette dernière est constitué de deux entrées et d'une sortie attendue, on peut avoir par exemple,

(1, 1, 0), l'algorithme, comporte une fonction d'erreur, va calculer le degré d'erreur qu'il a obtenue à la fin de chaque entraînement et modifier les poids et les biais de chacune des neurones pour réduire au prochain entraînement le degré d'erreur, améliorant ainsi les performances global du réseau de neurone.

## 2.3 Post-traitement de l'image

### 2.3.1 Solver

Le post-traitement se fait en trois parties. la récupération du sudoku, sa résolution et son affichage. Pour ce qui est de la récupération du sudoku nous avons écrit un algorithme de parsing capable de lire un fichier et extraire le sudoku sous forme d'une matrice d'entier. Bien sur le sudoku doit être écrit de la manière d'écriture dans le sujet.

Une fois le sudoku extrait du fichier nous utilisons la méthode de résolution par backtracking étudier l'an dernier. Pour ce faire nous avons rédigé le fichier solver qui prend en paramètre le nom du fichier contenant le sudoku extrait de l'image. Pour une facilité la lecture de l'algorithme nous avons ajouté une condition au nom du sudoku non résolu. Cette condition est que le fichier contenant le sudoku ne doit pas contenir d'extension. Elle permet de réduire la taille du code et donc de faciliter sa relecture. A noter que si le nom de fichier contient tout de même une extension l'extension ".result" sera juste rajouté à la fin à la fin ce qui peut porter à confusion. (ex : test.txt => test.txt.result). Une fois le sudoku résolu (si résoluble) nous enregistrons le résultat avec l'extension ".result" en respectant les normes imposés par le sujet. A noter que si le sudoku n'est pas réalisable le résultat enregistré est simplement le sudoku passé en paramètre.

Il est important de noter que toute la partie post-traitement permet de traiter à la fois les sudoku et les hexadoku. Nous pensons qu'il est important de prévoir cette fonctionnalité très tôt dans le développement du projet pour éviter une réécriture d'une grande partie du code pour ajouter cette fonctionnalité.

### 2.3.2 Reconstruire la grille

Le squelette de la fonction et les recherches ont été effectués et donc un code est en cours d'écriture. Malheureusement, suite à quelques erreurs et avertissements qui n'ont pas encore trouvé d'origine, nous n'avons pas pu la finaliser avant le clone du répertoire. Cependant, une version finie sera disponible lors du passage de la soutenance même si nous ne pourrons pas la présenter.

## 2.4 UI

Concernant l'avancement de l'interface pour notre application de résolution automatique de sudoku, nous avons très peu avancé afin de nous concentrer d'avantage sur les autres fonctionnalités jugées plus essentielles.

Nous avons cependant commencé à faire des recherches sur les bibliothèques que nous comptons utiliser et qui sont disponibles sur les ordinateurs de l'école. Actuellement, on compte partir sur la bibliothèque Glade pour toute la gestion de l'interface graphique.

D'ailleurs, nous avons également réalisé la fonction qui permet d'afficher une image grâce à la bibliothèque SDL qui permet de traiter des images.

## 3 Pour la version finale

Pour le rendu final, nous comptons factoriser les fonctions afin d'avoir un unique Makefile qui compile l'ensemble des programmes.

### 3.1 Pré-traitement de l'image

#### 3.1.1 Image en noir et blanc

Grâce à notre avancée, cette fonction est entièrement terminée et nous n'aurons pas à y revenir pour la version finale de ce projet.

#### 3.1.2 Rotation d'image

Cette fonction devra être optimisée ou revue afin de limiter les pertes de données et ainsi faciliter la détection de la grille et des casses.

#### 3.1.3 Découpage des cases d'un sudoku

Le découpage des cases est déjà fonctionnelle. Les seules modifications à apporter seront des fail-safe pour éviter un segmentation fault ou encore l'adaptation du programme pour qu'il soit compatible avec le reste du projet.

#### 3.1.4 Détection de la grille

terminer la détection de grille sera pour nous l'objectif le plus important à réaliser car il représente pour nous une grave erreur.

### 3.2 Réseau de neurone

Le réseau de neurones final aura le même fonctionnement que celui utilisé pour apprendre le ou exclusif. Seul quelques paramètres changeront et c'est ce que je vais vous expliquer.

Cette partie nécessite une phase d'apprentissage pendant laquelle notre réseau de neurones va apprendre à reconnaître les différents caractères. Pour cela nous utiliserons une base de données qui contient une quantité importante d'exemples d'image avec la réponse attendue par le réseau de neurones. Avoir la réponse attendue par le réseau est très important puisqu'un réseau de neurones est un outil permettant d'apprendre une fonction à l'aide d'exemples.

Dans la phase d'apprentissage du réseau, nous allons fournir des entrées déjà identifiées qui sont des blocs d'images auxquelles notre réseau répondra. La marge d'erreur de ces réponses sera alors utilisée pour corriger les poids internes du réseau. Avec un certain nombre d'exemples, notre réseau finira, dans la majorité des cas, par fournir les bonnes réponses. La sortie usuelle pour ce genre de problème est une probabilité par symbole du jeu de caractères. Le symbole avec la plus forte probabilité sera retenu comme le symbole reconnu.

Il existe de nombreuses formes de réseaux de neurones, mais pour ce projet nous aurons besoin que d'une couche cachée. D'autre part l'image en entrée du réseau de neurones sera d'une taille de 28 pixels par 28 pixels ce qui fera au total 784 pixels à regarder. C'est grâce à chacun de ses pixels que notre réseau déterminera de quel nombre il s'agit, en fonction de l'endroit des pixels noirs et de leur intensité.

Ainsi l'architecture du réseau sera la suivante : nous aurons 784 neurones en entrée qui seront chacun des pixels de l'image. Ces neurones seront reliés à 10 neurones supplémentaires

qui constituerons la couche cachée. Et enfin dans la dernière couche, la couche de sortie nous aurons également 10 neurones qui représenterons chacun des 10 chiffres : de 0 à 9. Ainsi en sortie nous récupérerons le neurone qui aura la valeur la plus proche de 1 c'est-à-dire la plus grande probabilité que l'image corresponde à ce chiffre.

Nous utiliserons la fonction d'activation softmax pour la dernière couche plutôt que la fonction sigmoïde afin d'obtenir de meilleurs résultats

### 3.3 Post-traitement de l'image

#### 3.3.1 Solver

Pour ce qui est des améliorations possibles du post traitement nous pouvons évidemment penser à l'optimisation de la résolution d'un sudoku. par exemple une première lecture de la grille de sudoku pour vérifier s'il existe des cases dont l'on connaît déjà le numéro si une case n'a qu'une seule possibilité par exemple. ce genre d'amélioration pourrait rendre le programme plus rapide surtout si l'on veut faire des sudoku plus grand.

#### 3.3.2 Reconstruire la grille

Pour afficher le résultat nous préférons utiliser un affichage graphique comme vous l'aviez recommandé. Pour l'instant l'affichage reste simple. Le résultat est simplement enregistré dans un dossier texte. Nous aimerions dans un premier temps être capable de reconstruire la grille dans une image qui sera créée depuis le code. Le résultat sera plus lisible mais il manque encore un petit quelque chose. Ce que nous souhaitons faire pour la soutenance finale est de remplir, dans l'image donner en paramètre, les cases vides avec les chiffres (ou lettres) manquante.

### 3.4 UI

Pour la version finale de notre produit qui résout automatiquement des sudokus à partir d'une image, nous comptons ajouter toute l'interface graphique qui sera présente entre l'utilisateur et le code source.

Actuellement, nous n'avons pas encore réfléchi à un design en particulier pour cette interface mais nous comptons au moins mettre un bouton pour importer un dossier présent sur l'ordinateur, une visualisation de l'image à partir de son importation jusqu'au sudoku final et résolu en passant par toutes les étapes intermédiaires ainsi qu'un bouton pour pouvoir sauvegarder le sudoku résolu.

## 4 Conclusion

A travers ce début de projet prometteur, nous avons déjà appris de nombreuses choses concernant le traitement d'image ou le fonctionnement et la mise en application d'un réseau de neurones.

Nous comptons continuer sur cette lancée pour aller encore plus vite afin de continuer le développement de la reconnaissance de chiffre et des pré et post traitements sur les images. Mais nous allons également et ce afin de faciliter l'accessibilité des utilisateurs, développer une interface qui permettra de plus facilement interagir avec nos différents programmes et fonctionnalités.

Ce n'est qu'un avant goût du résultat final.