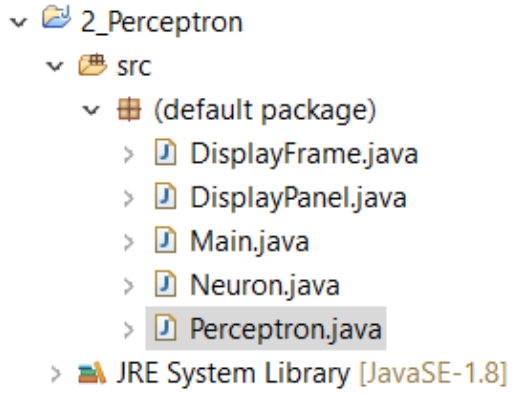
Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Nous allons implémenter un perceptron pour reconnaître les chiffres**

- Pour commencer :
  - Dupliquez le projet 1_neuron et appelez la copie 2_perceptron
  - Vérifiez que le nouveau projet est toujours fonctionnel

  - Ajoutez une classe 'Perceptron' au projet



Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un perceptron n'est rien de plus qu'une liste de neurones formels**

- Dans la classe Perceptron, ajoutez :
  - un vecteur (tableau) de Neuron que vous appelerez layer
  - Un vecteur de float 'results' pour collecter les résultats
  - Un float 'sum_delta' (on s'en servira pour mesurer les performances)

- Ajoutez le constructeur de la classe perceptron
  - Paramètres : nombre d'entrées, nombre de sorties
  - Initialisez correctement les vecteurs

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un perceptron n'est rien de plus qu'une liste de neurones formels**

```
2  public class Perceptron {
3
4
5      public Neuron[] layer;
6      public float[] result;
7      public float sum_delta;
8
9
.0     public Perceptron(int nb_input, int nb_output){
.1
.2         layer=new Neuron[nb_output];
.3         for (int i=0;i<layer.length;i++) layer[i]=new Neuron(nb_input);
.4
.5         result=new float[layer.length];
.6     }
.7
```

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un perceptron n'est rien de plus qu'une liste de neurones formels**

- Ajoutez une fonction 'compute' qui doit calculer la sortie de chaque neurone.

- Ajoutez une fonction 'learn' qui applique l'apprentissage sur chaque neurone
  - Pensez aux paramètres de cette fonction, et comment ils sont transmis aux neurones :
    - Le vecteur d'entrées
    - Le vecteur de sorties
  - La fonction doit réinitialiser le sum_delta et ajouter la valeur absolue du delta de chaque neurone

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un perceptron n'est rien de plus qu'une liste de neurones formels**

```
public void compute(float[] input){
    for (int i=0;i<layer.length;i++){
        result[i]=layer[i].compute(input);
    }
}

public void learn(float[] input, int[] output){
    sum_delta=0;
    for (int i=0;i<layer.length;i++){
        layer[i].learn(input, output[i]);
        sum_delta+=Math.abs(layer[i].delta);
    }
}
```

- **Le perceptron est prêt à l'emploi !**

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Intégration du perceptron**
- Dans Main, remplacez le pointeur du Neuron par un Perceptron
  - Paramètres pour instancier le perceptron :
    - En entrée : toujours *size_x*size_y* éléments
    - En sortie : *nb_values* sorties

```
private DisplayFrame display;       // display panel

//-----------------
public Perceptron perceptron;       // perceptron
```

```
// initialize structures
img=new float[size_x*size_y];
perceptron=new Perceptron(size_x*size_y, nb_values);
```

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Intégration du perceptron**

- Le résultat est un vecteur dont un seul élément est à 1 (la bonne réponse)
- Corrigez les appels de fonction *compute* et *learn*

```
int res=0;
if (y==number) res=1;

neuron.compute(img);
neuron.learn(img, res);
```

```
int[] output=new int[nb_values];
output[y]=1;

perceptron.compute(img);
perceptron.learn(img, output);
```

```
float res=neuron.compute(img);
```

```
perceptron.compute(img);
```

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Modification de l'affichage**

- Nous devons afficher les poids des dix neurones du réseau
- Agrandissez le Frame d'affichage (700px au lieu de 500)
- On va afficher les neurones sur deux rangées (avec / et %)

```
for (int n=0;n<Main.nb_values;n++){
    for (int i=0;i<Main.size_x;i++){
        for (int j=0;j<Main.size_y;j++){
            val=(int)(main.perceptron.layer[n].synaps[i+Main.size_x*j]*50)+128;
            if (val<0) val=0;
            if (val>255) val=255;
            g.setColor(new Color(val,val,val));
            g.fillRect(180+3*i+100*(n%5), 10+3*j+100*(n/5), 3, 3);
        }
    }
}
```

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Analyse de l'apprentissage**

- Modifiez la lecture du delta pour permettre l'affichage du delta moyen

```
sumdelta+=Math.abs(neuron.delta);
display.repaint();
try {Thread.sleep(10);
} catch (InterruptedException e) {e.pri
```

→

```
sumdelta+=perceptron.sum_delta;
display.repaint();
try {Thread.sleep(10);
} catch (InterruptedException e) {e.pr
```

```
System.out.println("epoch n°"+epoch+" : "+(sumdelta/(nb_values*10 * nb_values)));
```

Introduction à l’Intelligence Artificielle

- **Analyse des résultats**

- Après l’apprentissage, on va compter le nombre d’erreurs sur le jeu d’essais

- Pour chaque test, récupérez l’index du neurone le plus actif
- Comparez-le au nombre testé
- Si l’index et le nombre ne coïncident pas, incrémentez une variable

- Affichez le nombre d’erreurs après les tests

Introduction à l'Intelligence Artificielle

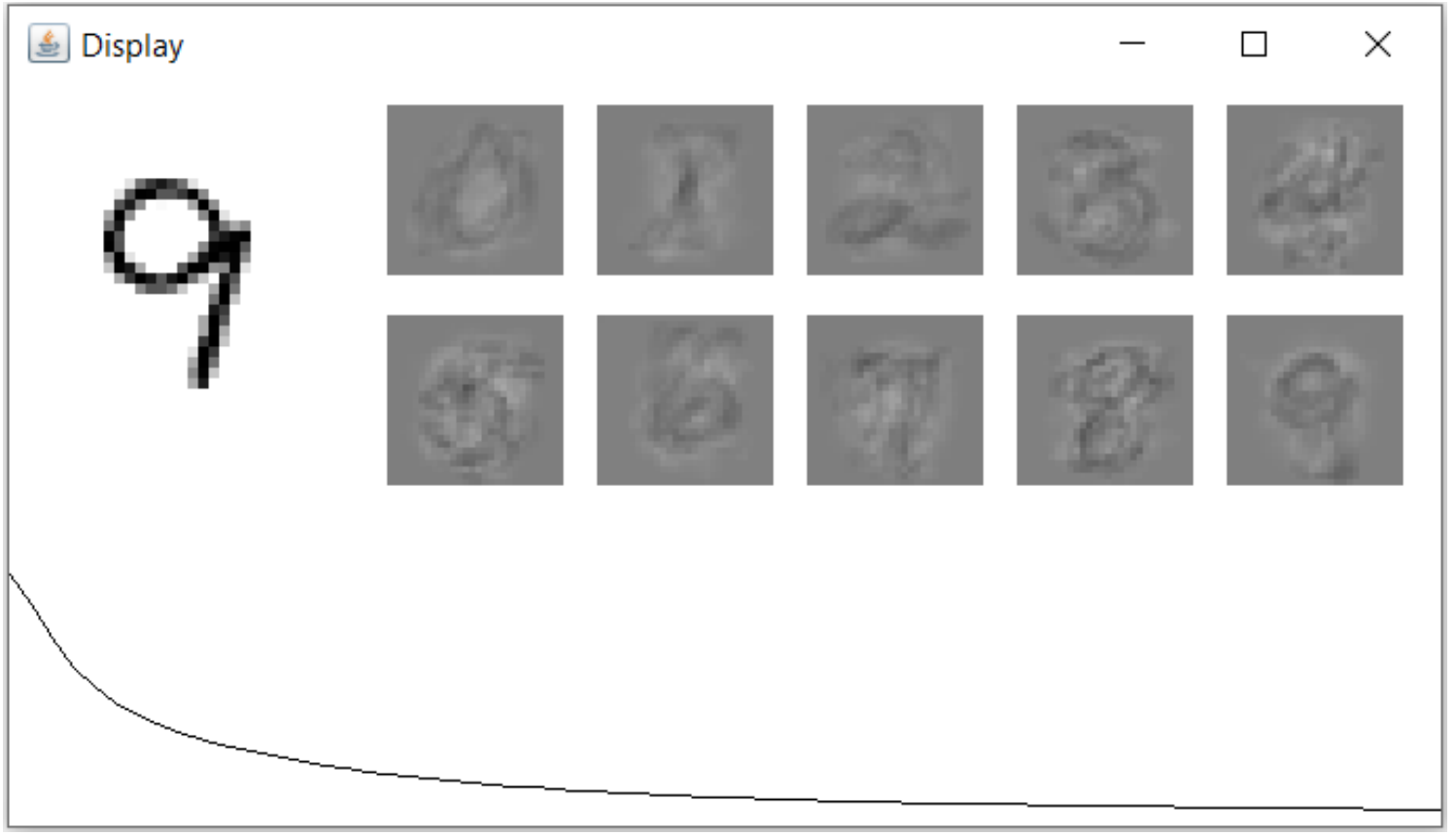
- **Analyse des résultats**

```
                perceptron.compute(img);

                int imax=0;
                float max=0;
                for (int i=0;i<perceptron.result.length;i++){
                    if (perceptron.result[i]>max){
                        imax=i;
                        max=perceptron.result[i];
                    }
                }

                if (imax!=y) errors++;
            }
        }

        System.out.println("nb errors : "+errors);

    }
```

- **Testez votre perceptron !**

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Analyse des résultats**

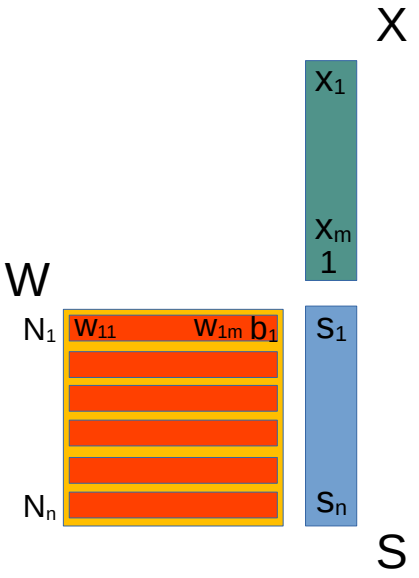


- **50 epochs → 8 erreurs ; 100 epoch → 6 erreurs ; 200 epochs → 5 erreurs**

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un peu d'optimisation algorithmique**
- **La classe perceptron fait appel aux instances de neurones**

- **Pour chaque neurone *n* : $s_n = W_n . X$**
- **Du point de vue du perceptron, on peut regrouper les vecteurs de poids dans une matrice W et les résultats dans un vecteur S :**
  - **S = W . X**



- **Nous allons supprimer la classe Neuron et intégrer le calcul matriciel dans la classe Perceptron**

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un peu d'optimisation**

- Dupliquez le projet 2_Perceptron et appelez-le 2_PerceptronV2

- Dans la classe Perceptron, remplacez le vecteur de Neuron par
  - Une matrice 'weights' pour les poids (le biais est dans cette matrice)
  - Un vecteur 'result' pour récupérer les sorties des neurones
  - Un vecteur 'deltas' pour enregistrer les deltas
  - Récupérez le learnrate et la fonction d'activation de la classe Neuron

```
2  public class Perceptron {
3
4      public float learnRate=0.01f;
5
6      public float[][] weights;
7      public float[] deltas;
8      public float[] result;
9
10     public float sum_delta;
11
12     public Perceptron(int nb_input, int nb_output){
13         weights=new float[nb_output][nb_input+1];
14         deltas=new float[nb_output];
15         result=new float[nb_output];
16     }
```

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un peu d'optimisation**

- Modifiez la fonction compute pour effectuer le calcul des neurones
  - Récupérez la fonction d'activation du neurone

```
public void compute(float[] input){
    for (int n=0;n<result.length;n++){
        result[n]=0;
        for (int i=0;i<input.length;i++){
            result[n]+=weights[n][i]*input[i];
        }
        result[n]+=weights[n][input.length];
        result[n]=activation(result[n]);
    }
}
```

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un peu d'optimisation**

- Modifiez la fonction learn pour calculer le delta de chaque neurone, les additionner et mettre à jour les poids

```
public void learn(float[] input, int[] output){

    sum_delta=0;
    for (int n=0;n<deltas.length;n++){
        deltas[n]=output[n]-result[n];
        sum_delta+=Math.abs(deltas[n]);
    }

    for (int n=0;n<result.length;n++){
        for (int i=0;i<input.length;i++){
            weights[n][i]+=learnRate * deltas[n] * input[i];
        }
        weights[n][input.length]+=learnRate * deltas[n];
    }
}
```

Introduction à l'Intelligence Artificielle

- **Un peu d'optimisation**
- Corrigez les pointeurs dans l'afficheur

```
for (int j=0;j<Main.size_y;j++){
    val=(int)(main.perceptron.weights[n][i+Main.size_x*j]*50)+128;
    if (val<0) val=0;
    if (val>255) val=255;
```

- Supprimez la classe Neuron (vérifiez qu'il n'y a pas d'erreurs)
- Testez le perceptron : les résultats doivent être identiques
- **Conservez bien votre projet, il servira de base au prochain TP !**