


UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
Licence 3 - UFR Mathématique - Informatique
Projet — Le meilleur modèle !

Instructions

- Ce projet est à réaliser en binôme.
 - Vous devez remettre votre projet au plus tard le 6 mai 2022 via le formulaire Moodle prévu à cet effet. Un seul rendu par binôme est attendu. Votre rendu doit impérativement comporter :
 - Les sources de votre projet (fichiers `.py` ou notebook `.ipynb`);
 - Un compte-rendu au format pdf contenant les réponses aux questions posées dans le sujet, identifiées par le symbole . Toutes les réponses doivent être justifiées (méthodologie, concepts sous-jacents, ...)
 - Le formulaire d'auto-évaluation complété (en annexe du sujet).
 - Le projet comporte quatre parties. Les parties 3 et 4 sont indépendantes des parties 1 et 2 (des prédictions et les données de test correspondantes vous sont fournies pour faire les parties 3 et 4, i.e. même si vous ne parvenez pas à obtenir de résultats avec vos modèles, vous pouvez faire les parties traitant de l'analyse des modèles).
-

Compétences évaluées :

- Préparation des données (10%)
- Mise en œuvre des modèles “arbre de décision” et “réseaux de neurones artificiel” (50%);
- Le calcul de différentes métriques d'évaluation et leur interprétation (30%);
- Compréhension générale et ouverture (10%).

Pour faciliter notre évaluation de l'implémentation de vos modèles, vous devrez inclure dans vos programmes des tests pour les fonctionnalités suivantes :

- Arbre de décision • calcul de l'entropie d'une partition
- Arbre de décision • calcul du gain d'une partition
- Arbre de décision • détermination d'un meilleur partitionnement
- Réseau de neurones • passe avant avec une instance
- Réseau de neurones • rétropropagation et mise à jour après une passe avant

Les fonctionnalités plus larges (construction de l'arbre, mises en place d'époques d'entraînement, *etc.* seront mises à l'épreuve en générant des prédictions avec les différents modèles donc pas de test spécifique à faire ici : soit vous avez pu générer des prédictions, soit ça n'est pas le cas.

1 Préparation des données

Les données que vous utiliserez dans ce travail sont des données synthétiques générées automatiquement avec Sklearn. Le fichier `synthetique.csv` est à télécharger sur Moodle. Vous mettrez de côté 20% des données de côté pour tester vos modèles. Un aperçu de la distribution d'un échantillon de 100 instances selon deux attributs est visible sur la figure 1.

✎ Questions

1. Combien d'attributs comportent ces données ?
2. En combien de classes différentes les instances sont-elles catégorisées ?
3. Combien d'instances chaque classe compte-t-elle ?
4. Les données sont-elles linéairement séparables ?
5. Aurez-vous besoin, pour l'un des types de modèle ou les deux, d'utiliser un encodage en *one-hot* ? de normaliser les données ?
6. Rappelez l'intérêt de séparer les données en un jeu d'entraînement et un jeu de test.

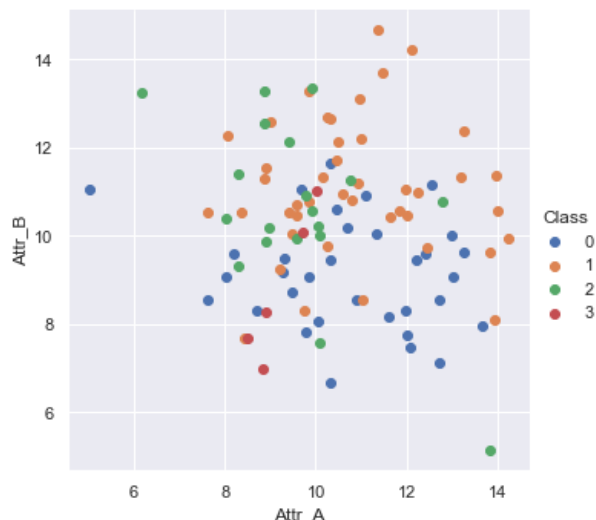


FIGURE 1 – Distribution d'un échantillon de 100 instances selon les attributs A et B

2 Mise en œuvre des modèles

Vous devez réaliser l'apprentissage sur les données avec deux types de modèles différents : arbres de décision et réseaux de neurones artificiels.

2.1 Arbre de décision

- Pour discrétiser les attributs, vous devez cette fois faire un split en utilisant des **quartiles** (cf. section 3.2 du TP sur les arbres de décisions). Attention, nous sommes toujours dans le cadre d'un arbre de décision binaire !

Vous utiliserez la fonction `quantile` de Pandas^a. Pour mesurer le gain d'information, il faudra comparer successivement les partitions $]attribute\ min\ value; quantile_n[$ et $[quantile_n; attribute\ max\ value[$ afin de déterminer quel quartile n constitue la meilleure valeur de split.

✎ À quoi correspondent les $quantile_n$? Comment les avez vous calculé ?

- Entraînez plusieurs modèles avec des profondeurs maximales différentes (entre 3 et 8). Testez les performances de vos modèles avec votre jeu de test ; vous garderez les prédictions de ce que vous estimerez être vos deux meilleurs modèles.

a. <https://pandas.pydata.org/docs/reference/api/pandas.DataFrame.quantile.html>

2.2 Réseaux de neurones artificiels

- Vous devrez mettre de côté 15% de votre jeu d'entraînement (Fig. 2) pour constituer un jeu de *validation* afin de mettre en œuvre l'*early stopping* qui arrêtera automatiquement l'apprentissage de votre modèle. L'*early stopping* sera réalisé toutes les $n = 2$ époques d'entraînement et vous utiliserez une patience de 3.
 - Entraînez plusieurs modèles avec les architectures suivantes :
 - Avec une activation `tanh` : (10,8,6), (10,8,4) et (6,4)
 - Avec une activation `relu` : (10,8,6), (10,8,4) et (6,4)
- Testez vos modèles avec le jeu de test. Vous garderez les prédictions de ce que vous estimerez être vos deux meilleurs modèles pour chaque version (`tanh` et `relu`).



FIGURE 2 – Découpage des données pour la mise en œuvre de l'*early stopping* : prélèvement de 15% des données d'entraînement pour constituer un jeu de *validation*.

3 Analyse des modèles

Si vous n'avez pas obtenu de résultats avec vos modèles, vous avez à disposition les données de prédictions (et le `y_test` correspondant) dans l'archive `predictions.zip`. Indiquez clairement dans votre compte-rendu si vous avez utilisé les prédictions fournies ou les vôtres.

Votre objectif dans cette partie est de calculer (sans utiliser de bibliothèque extérieure à votre programme) différentes métriques qui vous permettront de mieux comprendre les comportements des modèles. Pour chaque jeu de prédictions conservé lors de la partie précédente, vous calculerez :

- l'exactitude
- la précision
- le rappel
- le F1-score

On parle bien ici d'évaluer ces métriques pour chaque classe possible (autrement dit, on ne s'intéresse pas au fait, par exemple, qu'un modèle fait globalement $x\%$ de prédictions justes, mais à sa capacité à prédire correctement une classe k au regard de l'ensemble des prédictions). Dit autrement, il s'agit en fait toujours d'une analyse binaire, en considérant une classe c_i versus toutes les autres.

✎ Pour chaque modèle, présentez ces métriques sous forme d'un tableau de synthèse tel qu'illustré dans le tableau 1 ci-dessous.

✎ Calculez les matrices de confusion pour chaque modèle (ici encore, sans utiliser de bibliothèque extérieure à votre programme) et reportez les résultats dans des tableaux tels que celui illustré ci-dessous (table 2).

TABLE 1 – Classification report pour un modèle m

Classes	Modèle m			
	c_1	c_2	c_3	c_4
Accuracy				
Precision				
Recall				
F1-score				

TABLE 2 – Matrice de confusion pour un modèle m

		Modèle m			
		0	1	2	3
True label	0				
	1				
	2				
	3				
	Predicted label				

4 Le meilleur modèle

✎ Comparez l'ensemble de vos différents modèles : quel est, selon vous, le meilleur modèle ? Choisiriez-vous un des modèles préférentiellement aux autres et si oui, pourquoi ? (pour vous aidez, vous pouvez imaginer ce que pourraient représenter les données utilisées : diagnostics médicaux, anomalies dans un système critique, *etc.*)

✎ Sur ces données, les différences de performances observées entre les arbres de décision et les réseaux de neurones ne sont pas très grandes. Partant de là, choisiriez-vous préférentiellement l'un ou l'autre type de modèle si vous deviez justifier les décisions du modèle ? (si votre modèle est utilisé pour faire du diagnostic médical, on peut aisément imaginer que les patients auront à cœur de comprendre une décision prise par votre modèle).

Vos réponses doivent être étayées !

A Formulaire d'auto-évaluation

Membres du binôme :

Nom 1	Prénom 1
Nom 2	Prénom 2

Les données :

Vous avez effectué, en amont de l'entraînement, les traitements nécessaires selon le type de modèle utilisé

Avancement du développement des modèles :

L'arbre de décision est totalement opérationnel

Si non, cochez les fonctionnalités opérationnelles :

- Calcul de l'entropie d'une partition de données
- Calcul du gain d'une partition
- Détermination de la partition offrant le meilleur gain
- Construction de l'arbre (apprentissage du modèle)
- Utilisation de l'arbre pour faire des prédictions sur le jeu de test

Le réseau de neurones est totalement opérationnel

Si non, cochez les fonctionnalités opérationnelles :

- Propagation avant
- Rétropropagation
- Époques d'entraînement
- Early stopping
- Utilisation du réseau pour faire des prédictions sur le jeu de test

Calcul des métriques d'évaluation :

L'ensemble des métriques d'évaluation demandées est calculé

Si non, cochez les métriques calculées :

- Exactitude
- Précision
- Rappel
- F1-score

Les matrices de confusion sont calculées

Expression libre