

Apprentissage de classes déséquilibrées

HAX907X - Apprentissage statistique

SAWADOGO Kader
GERMAIN Marine
LABOURAIL Célia
MARIAC Damien

Université Montpellier
Département de Mathématique

17 octobre 2025

1 Contexte

2 Problématique

3 Méthodes

4 Limites des méthodes

5 Application

6 Conclusion

Problème du déséquilibre et motivation du projet

Un jeu de données très déséquilibré

- CréditCard : **284 807 transactions**, dont seulement **492 fraudes (0,17 %)**.
- \Rightarrow Les modèles ont tendance à ignorer la classe minoritaire.

Illustration du problème

Modèle	Recall	Precision	F1-score
Régression Logistique	0.59	0.89	0.70
Random Forest (200 arbres)	0.60	0.95	0.85

1 Contexte

2 **Problématique**

3 Méthodes

4 Limites des méthodes

5 Application

6 Conclusion

Problème : difficulté à prédire la classe minoritaire

⇒ Le modèle a tendance à ignorer cette classe.

Exemple général

- 99% vs 1%.
- Un modèle naïf prédit la classe majoritaire à une précision de 99 %.
- Mauvais modèle.

Comment atténuer le déséquilibre des classes pour améliorer la performance réelle du modèle ?

- 1 Contexte
- 2 Problématique
- 3 Méthodes**
- 4 Limites des méthodes
- 5 Application
- 6 Conclusion

Random Over-simpling

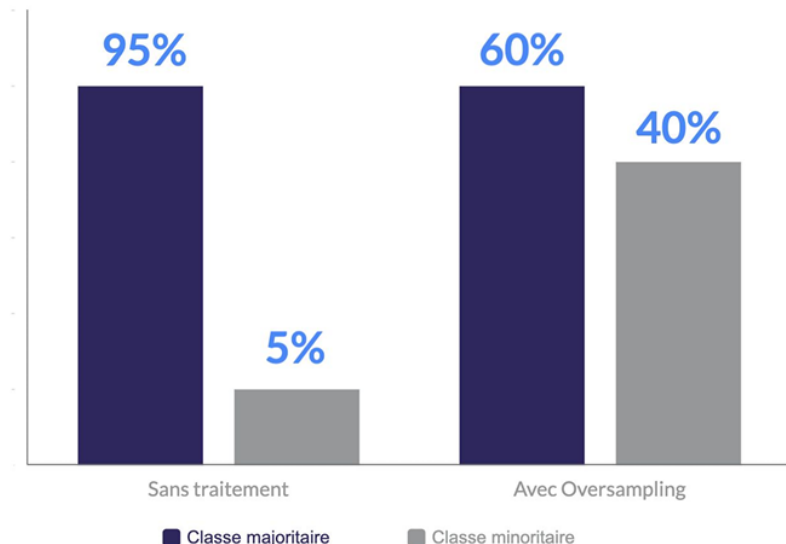


Table – Jeu de données après sur-échantillonnage (ROS)

x	label	source
1	0	original
2	0	original
3	0	original
4	0	original
5	0	original
6	0	original
7	0	original
8	1	original
9	1	original
10	1	original
8	1	duplicated
9	1	duplicated
10	1	duplicated
8	1	duplicated

Random Under-sampling

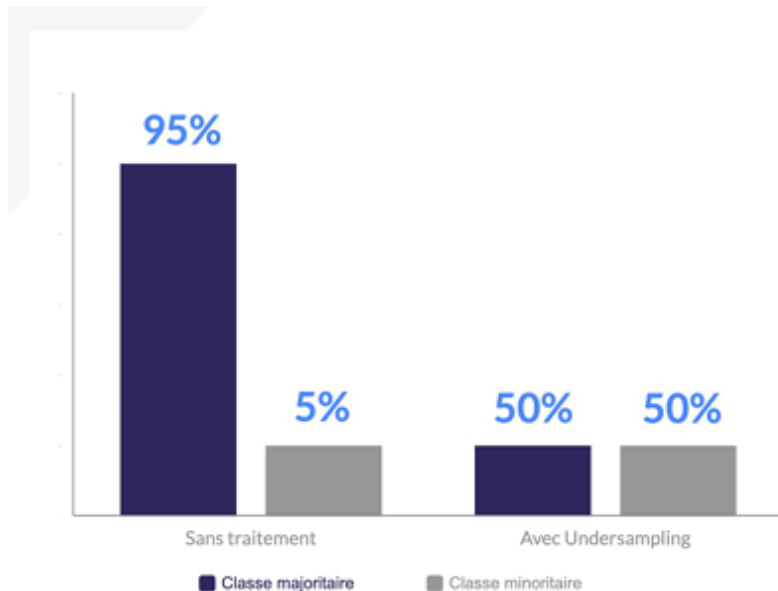


Table – Jeu de données après sous-échantillonnage (RUS)

x	label	source
1	0	supprimé
2	0	suprimé
3	0	suprimé
4	0	original
5	0	original
6	0	original
7	0	original
8	1	original
9	1	original
10	1	original

SMOTE : Synthetic Minority Over-sampling Technique

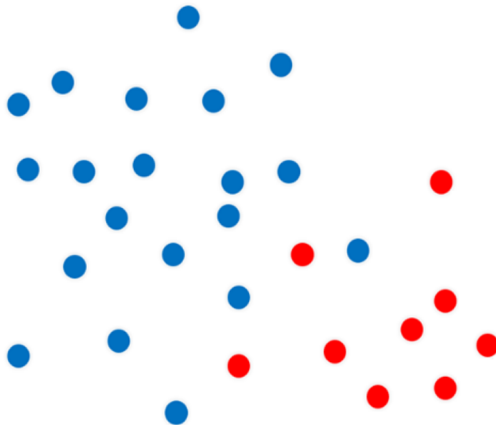


Figure – Schéma de SMOTE

SMOTE : Synthetic Minority Over-sampling Technique

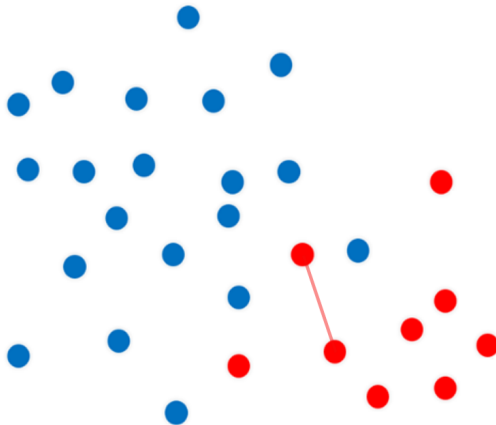


Figure – Schéma de SMOTE

SMOTE : Synthetic Minority Over-sampling Technique

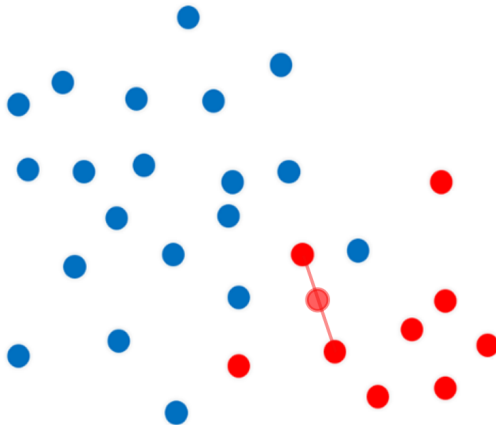


Figure – Schéma de SMOTE

SMOTE : Synthetic Minority Over-sampling Technique

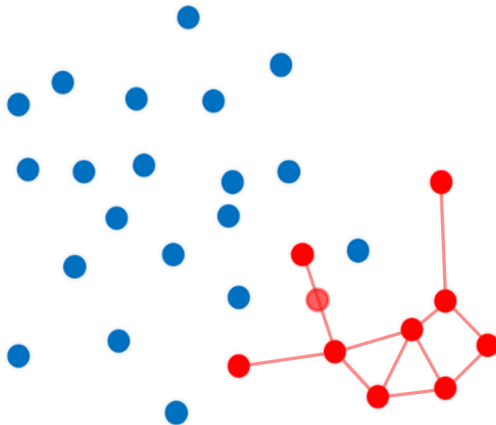


Figure – Schéma de SMOTE

SMOTE : Synthetic Minority Over-sampling Technique

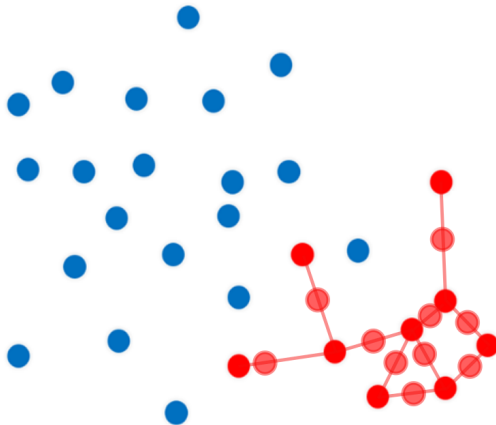


Figure – Schéma de SMOTE

SMOTE : Synthetic Minority Over-sampling Technique

Notations

- n : nb **total** d'observations
- n_{\min} : nb d'observations **minoritaires**
- d : dimension (nb de variables)
- k : nb de plus proches voisins
- M : nb de points synthétiques générés

Étapes dominantes & complexité (naïf)

- 1 **Recherche des k -PPV (vers tous les points)** : coût d'une distance $\mathcal{O}(d)$ \Rightarrow comparaison à n points $\mathcal{O}(n d)$ \Rightarrow pour n_{\min} points minoritaires $\mathcal{O}(n_{\min} n d)$.
- 2 **Génération** : $x_{\text{new}} = x_i + \lambda(x_j - x_i)$, $\lambda \sim \mathcal{U}(0, 1)$ $\mathcal{O}(M d)$

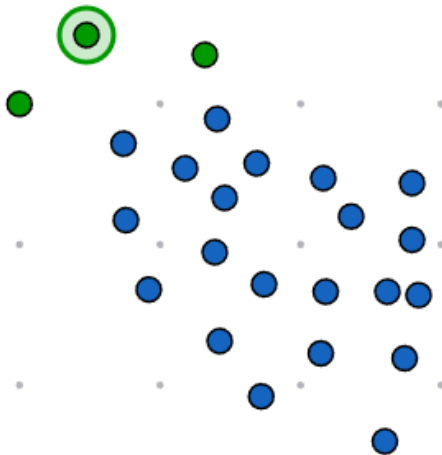
Synthèse

$$T_{\text{SMOTE}} = \mathcal{O}(n_{\min} n d) + \mathcal{O}(M d) \quad (\text{recherche kNN dominante}).$$

- 1 Contexte
- 2 Problématique
- 3 Méthodes
- 4 Limites des méthodes**
- 5 Application
- 6 Conclusion

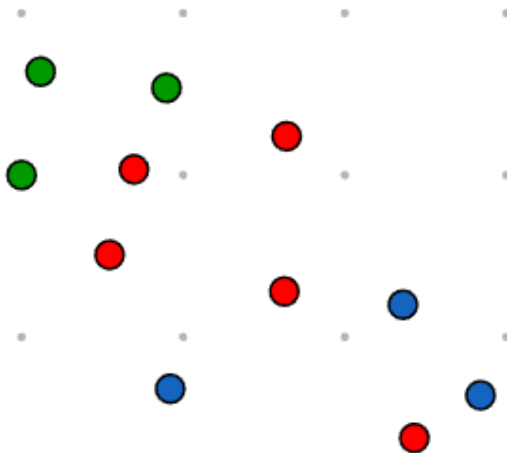
ROS

- overfitting



RUS

- perte d'information

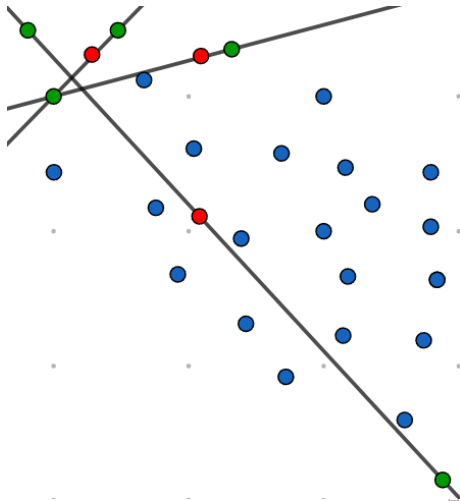


SMOTE

- temps de calculs
- création de points abérant
- hyperparamètre k
- variable qualitative

SMOTE

- Points aberrant



- 1 Contexte
- 2 Problématique
- 3 Méthodes
- 4 Limites des méthodes
- 5 Application**
- 6 Conclusion

Méthode	Transactions normales	Fraudes
ROS (Over-Sampling)	284 315	284 315
RUS (Under-Sampling)	492	492
SMOTE	284 315	284 315

Comparaison des méthodes de rééchantillonnage (Régression Logistique)

Méthode	Principe	Accuracy	Recall	Balan
RUS	Réduit la classe majoritaire	0.956	0.959	
ROS	Duplique la classe minoritaire	0.949	0.977	
SMOTE	Génère des exemples synthétiques	0.981	0.992	

- 1 Contexte
- 2 Problématique
- 3 Méthodes
- 4 Limites des méthodes
- 5 Application
- 6 Conclusion**

Méthode	Points forts	Limites
ROS	Simplicité, conserve toutes les données	Overfitting, grand volume de données
RUS	Rapide et réduit le biais	perte d'information et représentativité
SMOTE	Données synthétiques variées	Coût élevé, sensible aux outliers

Aucune méthode n'est universelle :
le choix dépend du jeu de données et du modèle.

- Pour notre jeu de données, la méthode la plus efficace est SMOTE.
- Pour aller plus loin : il serait pertinent de combiner des méthodes existantes ou de pondérer les modèles.

Merci pour votre attention !