

Classification par reconnaissance des formes floue

Après avoir présenté la méthode de diagnostic par reconnaissance des formes floue et la méthode basée sur les séparateurs à vastes marges, nous essaierons dans le présent chapitre de présenter les résultats obtenus, accompagnés des interprétations.

La base de données obtenue après simulation des précédentes modèles est composée de 15 signaux présentant l'évolution de fonctionnement de moteur diesel d'un mode sain vers des modes défaillants, les données ont subi un prétraitement pour réduire le bruit et supprimer les données aberrantes, la compression des données a été effectuée par méthode de l'analyse en composante principale (ANNEX A.2) dans le but d'améliorer la classification et le temps de calcul.

Après réduction de la dimension de l'espace de présentations des différentes observations de notre base de données, nous avons effectué une séparation des données en base d'apprentissage (deux tiers), base de validation et une base de test (un tiers).

La séparation des données en ensemble d'apprentissage et ensemble de tests correspond à une partie importante de l'évolution de modèles d'explorations des données, la plupart des données sont utilisées pour l'apprentissage et une plus petite partie des données est utilisée pour les tests, l'échantillonnage aléatoire nous aide à s'assurer que les partitions de tests et d'apprentissage sont semblables.

Cette partie est consacrée à la présentation des résultats de classification de notre base de données qui comprend l'évolution de la vitesse de rotation, la pression d'admission et les émissions polluantes en mode de fonctionnement normal et en modes de dysfonctionnements, le tableau ci-après résume les différentes caractéristiques de notre base de données.

Paramètres surveillés	Nombre de classe	Sous-ensemble d'apprentissage	Sous-ensemble de test	Modes de fonctionnements
Vitesse de rotation	05	2/3 de données pour l'apprentissage	1/3 de données pour le test	Normal Défaut d'injection Défaut de soupape d'admission Défaut de fuite d'admission Défaut de compression
Pression d'admission	05			Normal Défaut d'injection Défaut de soupape d'admission Défaut de fuite d'admission Défaut de compression
Emissions polluantes	05			Normal Défaut d'injection Défaut de soupape d'admission Défaut de fuite d'admission Défaut de compression

Tableau 4.1 : Description de bases de données.

La première partie affiche les résultats d'apprentissage hors ligne pour déterminer les modes de fonctionnement du moteur, la seconde démarche consiste à appliquer un apprentissage en ligne pour déterminer les modes de fonctionnement en temps réel.

Apprentissage hors ligne

Dans cette phase nous avons effectué un apprentissage hors ligne sur une base de données qui représente l'évolution de la vitesse de rotation d'un mode sain à des modes avec deux types de défauts (défaut d'injection et défaut de fuite d'admission).

La figure 4.1 illustre les différentes variations de la vitesse de rotation.

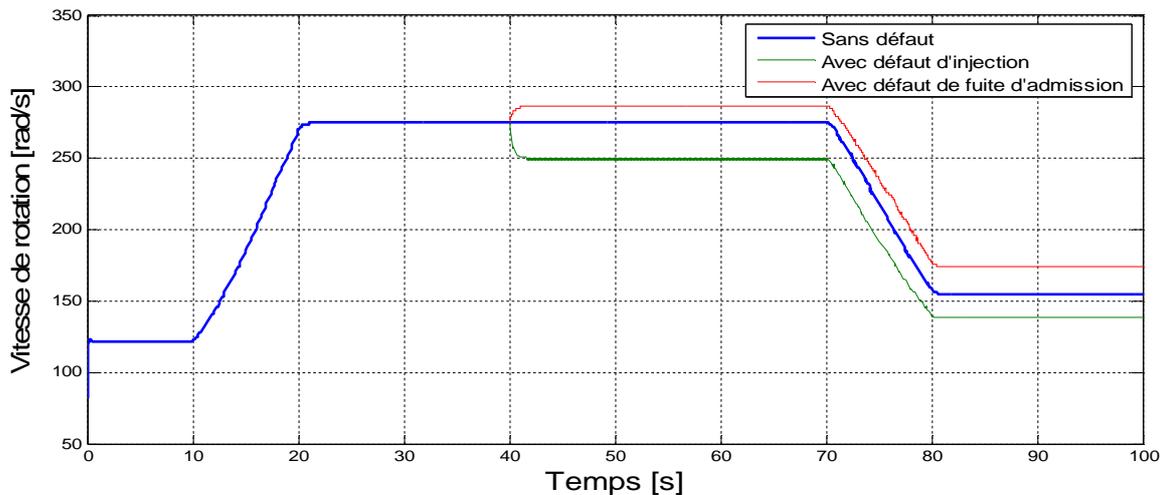


Figure 4.1 : Influence de défaut d'injection et défaut de fuite d'admission sur la vitesse de rotation

Les résultats de classification (apprentissage hors ligne) sont illustrés via la figure 4.2

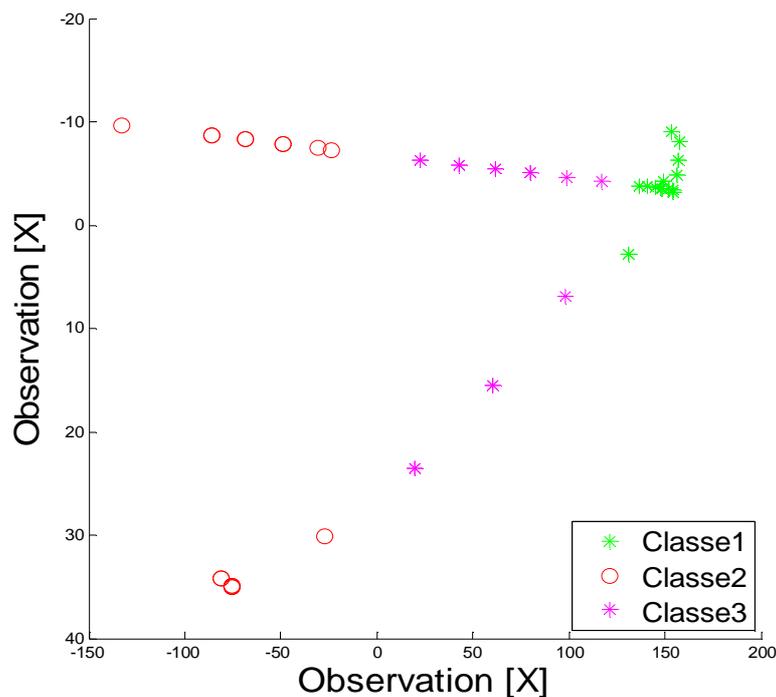


Figure 4.2 : Classification des données de vitesse de rotation (Apprentissage hors ligne)

Les résultats de classification montrant l'existence de trois classes associées aux trois modes de fonctionnement du moteur diesel.

Nous avons essayé d'interpréter les Trois situations ressorties suivant le tableau ci-après.

Situation	Description	Classe
Fonctionnement normal	Les valeurs des variables de vitesse de rotation correspondant aux conditions normales.	Classe1
Fonctionnement en présence d'un défaut d'injection	Vitesse de rotation diminuée	Classe2
Fonctionnement en présence d'un défaut de fuite d'admission	Vitesse moteur augmente	Classe3

Tableau 4.2 : Modes de fonctionnement correspond à l'apprentissage hors ligne

L'apprentissage hors ligne nous a permis de déterminer les modes de fonctionnement du moteur correspondant aux trois classes révélées.

4.2.2 Apprentissage en ligne

Dans cette deuxième phase nous avons effectué deux tests pour vérifier notre programme de classification, le premier test consiste à classifier une nouvelle observation (Ob 1) qui n'appartient à aucun mode de fonctionnement.

La figure 4.3 illustre la classification de cette nouvelle observation (Ob 1) :

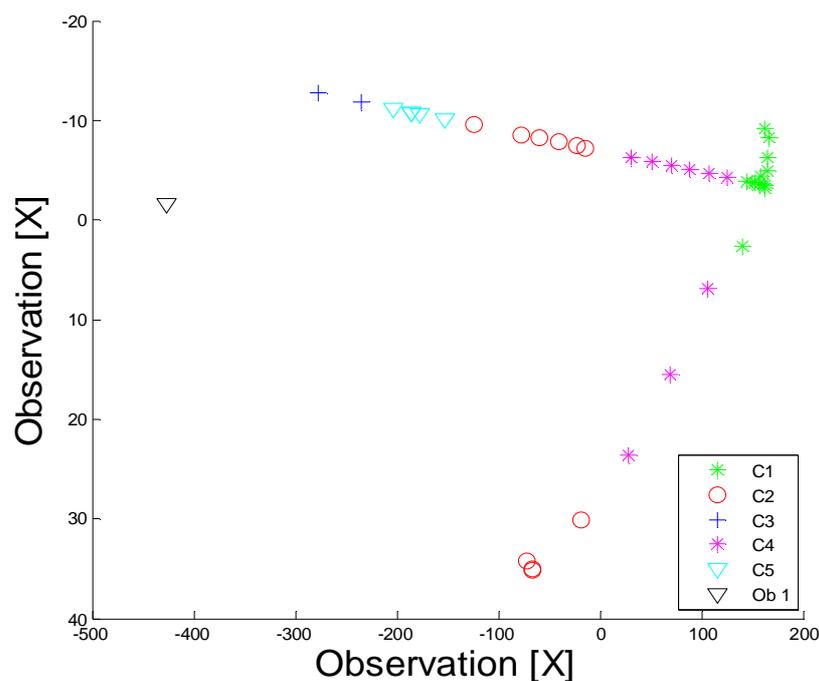


Figure 4.3 : Rejet en distance d'une nouvelle observation Ob 1.

Les résultats de classification, montrent que le cas de classification de la nouvelle observation correspond à un rejet de distance.

Les degrés d'appartenance de nouvelle observation sont présentés par le tableau 4.3 :

C1	C2	C3	C4	C5
$3,8640.10^{-7}$	$4,0087.10^{-5}$	$6,7527.10^{-4}$	$1,6718.10^{-5}$	$3,0369.10^{-5}$

Tableau 4.3 : Degrés d'appartenance de la nouvelle observation Ob 1.

Dans le deuxième test, la nouvelle observation (Ob2) dont les paramètres correspondent à un fonctionnement en présence d'un défaut de compression.

Les degrés d'appartenance de nouvelle observation sont présentés par le tableau 4.4 :

C1	C2	C3	C4	C5
$3.1150.10^{-6}$	0,0022	0,0221	$2.3588.10^{-4}$	0.8933

Tableau 4.4 : Degrés d'appartenance de la nouvelle observation Ob 2.

Les résultats de classification sont présentés via la figure 4.4.

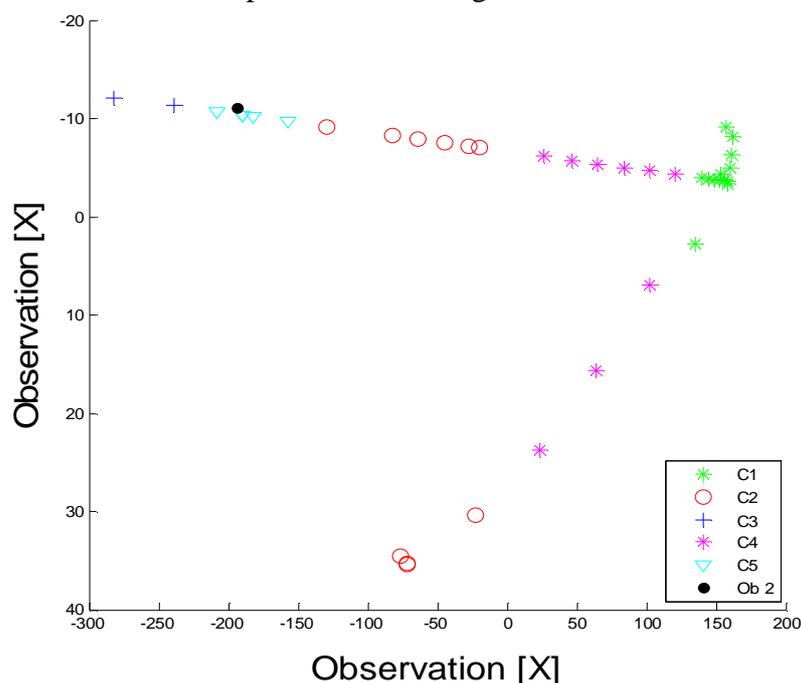


Figure 4.4 : Classification d'une nouvelle observation Ob 2.

Les résultats de classification, montrent que le cas de classification de la nouvelle observation correspond à un mode de fonctionnement avec défaut de compression.

Les résultats du programme de classification en ligne par MPCM appliqué sur notre base de données, illustrés graphiquement via les figures 4.5, 4.7 et 4.9, font ressortir cinq classes représentant l'ensemble des observations.

Les figures 4.6, 4.8 et 4.10 illustrent les modes de fonctionnement du moteur (mode sain et les modes avec défauts). La figure 4.5 illustre la classification des données de pression d'admission.

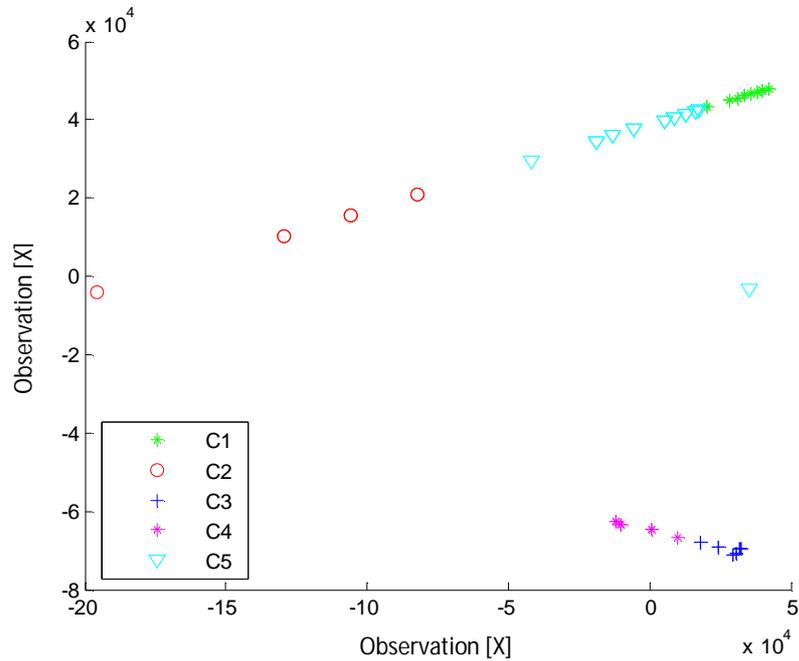


Figure 4.5 : Classification des données de pression d'admission.

Les résultats de classification des données de la pression d'admission font ressortir cinq classes représentant l'ensemble des observations de la pression d'admission. Elles ont été associées aux cinq modes présentés dans le tableau 4.5.

La figure 4.6 représente les modes de fonctionnement correspond à la classification des données de pression d'admission du moteur diesel :

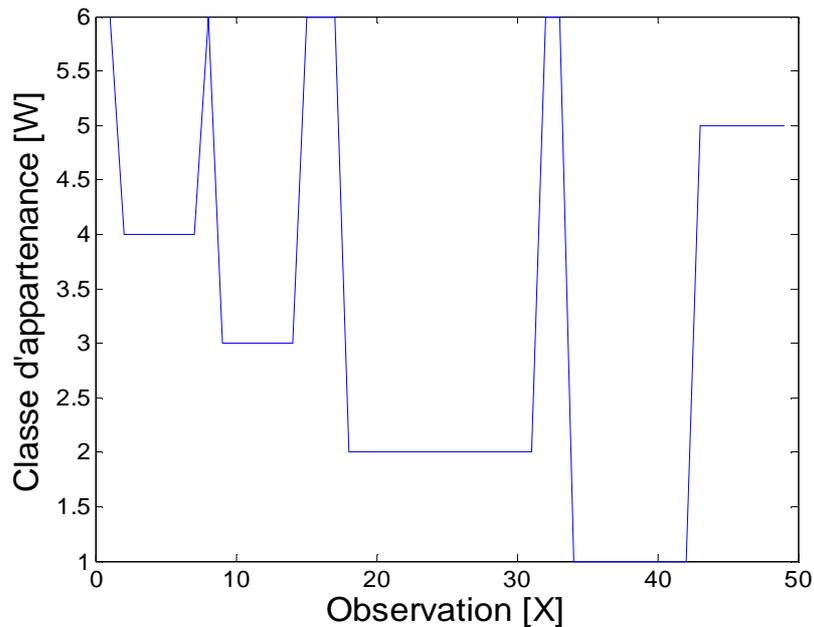


Figure 4.6 Modes de fonctionnement du moteur diesel relatif aux classifications des données de pression d'admission.

Nous avons essayé d'interpréter les cinq situations ressorties suivant le tableau ci-après.

Situation	Description	Classe
Fonctionnement normal	Les valeurs des variables de pression d'admission correspondant aux conditions normales	Classe 1
Fonctionnement en présence d'un défaut d'injection	La pression d'admission se diminue avec une très faible grandeur	Classe2
Fonctionnement en présence d'un défaut de soupape d'admission	augmentation de pression d'admission	Classe3
Fonctionnement en présence d'un défaut de fuite d'admission	la pression d'admission va chuter	Classe4
Fonctionnement en présence d'un défaut de compression	diminution de pression d'admission débit de compression est plus faible	Classe5

Tableau 4.5 : Description des modes de fonctionnement de moteur diesel correspond à la classification des données de pression d'admission.

Les résultats de classification des données de la vitesse de rotation font ressortir cinq classes représentant l'ensemble des observations de la vitesse de rotation. Elles ont été associées aux cinq modes présentés dans le tableau 4.6.

La figure 4.7 illustre les résultats de programme de classification des données de la vitesse de rotation du moteur.

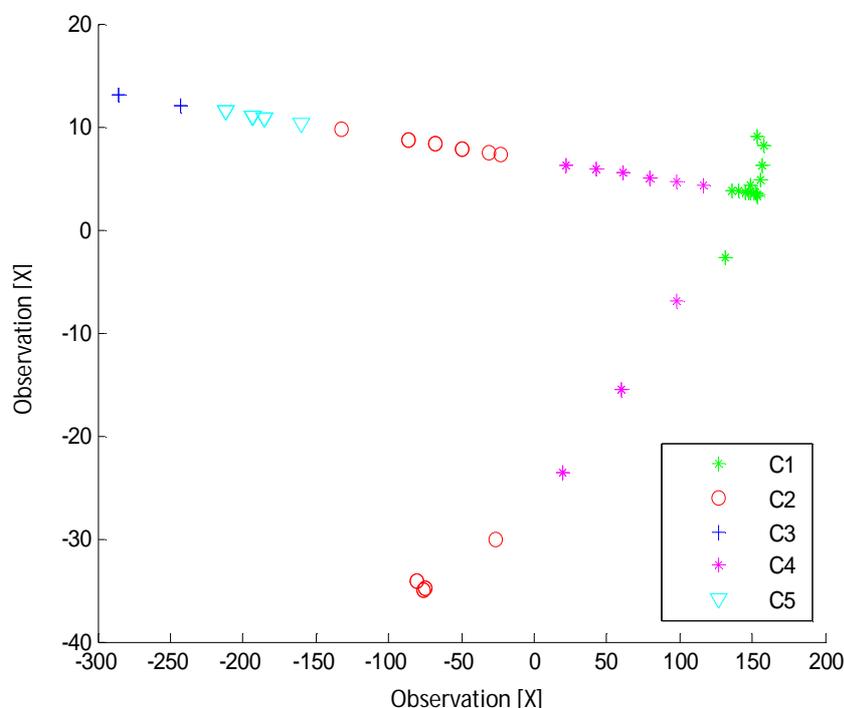


Figure 4.7 : Classification des données de vitesse de rotation.

Les modes de fonctionnement du moteur correspondent à la classification des données de vitesse de rotation sont illustrés par la figure 4.8.

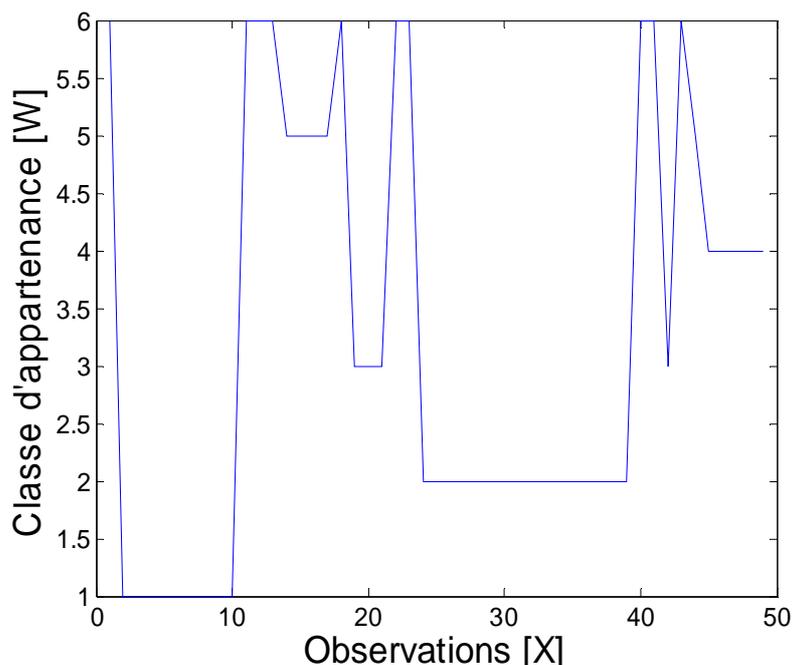


Figure 4.8 Modes de fonctionnement du moteur relatif à la classification des données de vitesse de rotation.

Le tableau ci-dessous représente une interprétation des cinq modes de fonctionnement du moteur diesel relié à la classification des données de vitesse de rotation.

Situation	Description	Classe
Fonctionnement normal	Les valeurs des variables de vitesse de rotation correspondant aux conditions normales	Classe 1
Fonctionnement en présence d'un défaut d'injection	Vitesse de rotation diminuée	Classe2
Fonctionnement en présence d'un défaut de soupape d'admission	Vitesse ne ce change pas	Classe3
Fonctionnement en présence d'un défaut de fuite d'admission	Régime moteur augmente	Classe4
Fonctionnement en présence d'un défaut de compression	Variation de vitesse de rotation	Classe5

Tableau 4. 6 : Description des modes de fonctionnement de moteur diesel correspond à la classification des données de vitesse de rotation.

Les résultats de classification des données des émissions polluantes font ressortir cinq classes représentant l'ensemble des observations des émissions polluantes. Elles ont été associées aux cinq modes présentés dans le tableau 4.7.

La figure 4.9 illustre les résultats de programme de classification des données des émissions polluantes du moteur.

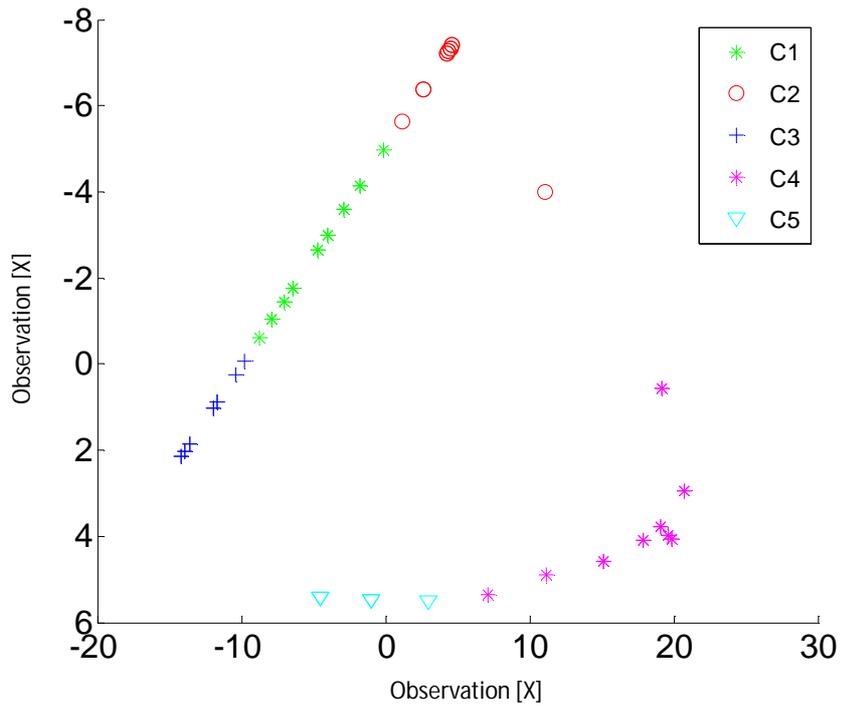


Figure 4.9 : Classification des données des émissions polluantes.

Les modes de fonctionnement du moteur correspondant à la classification des données des émissions polluantes sont illustrés par la figure 4.10 :

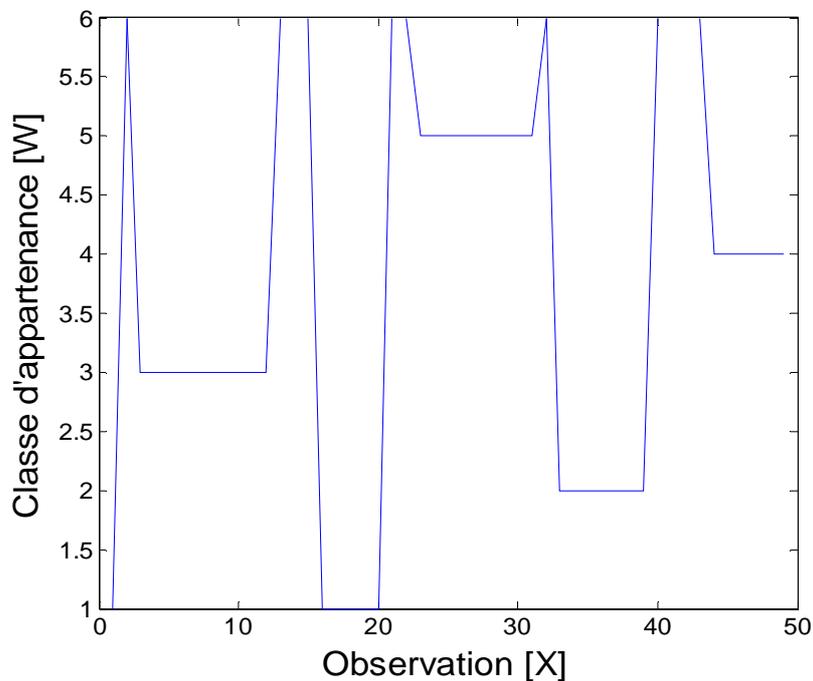


Figure 4.10 : Modes de fonctionnement du moteur relatif à la classification des données des émissions polluantes.

Le tableau 4.7 donne une description détaillée des cinq modes de fonctionnement de moteur diesel.

Situation	Description	Classe
Fonctionnement normal	Les valeurs des variables des émissions polluantes correspondant aux conditions normales	Classe 1
Fonctionnement en présence d'un défaut d'injection	Les émissions polluantes sont moins que d'habitude Vitesse de rotation ↘	Classe2
Fonctionnement en présence d'un défaut de soupape d'admission	un pic d'émissions polluantes lors de l'apparition de défaut	Classe3
Fonctionnement en présence d'un défaut de fuite d'admission	émissions des gaz sortant vont augmenter.	Classe4
Fonctionnement en présence d'un défaut de compression	augmentations des émissions polluantes	Classe5

Modes de fonctionnement de moteur diesel correspondent à la classification des données des émissions polluantes.

Selon les résultats de classification présentés précédemment, nous constatons l'existence de

cinq modes de fonctionnement correspondant aux cinq classes révélées.

La classe C1, appelé mode sain, est décrite par des observations se trouvant dans des intervalles de mesure correspondant aux conditions nominales de fonctionnement.

La classe C2, défaut d'injection, est décrite par une diminution de l'ensemble des mesures des paramètres qui décrivent le système.

La classe C3, défaut de soupape d'admission, est décrite par une conservation des mesures des paramètres de la vitesse de rotation, une augmentation de la pression d'admission accompagnée d'un pic des émissions de gaz polluants.

La classe C4, défaut fuite d'admission, est décrite par une augmentation des mesures des paramètres de la vitesse de rotation et des émissions polluantes avec une diminution des mesures de la pression d'admission.

La classe C5, défaut de compression, est décrite par une diminution de la pression d'admission et une augmentation des émissions polluantes. La vitesse de rotation est variable, elle dépend de la position de l'accélérateur.

Dans le but de valider les différents résultats obtenus par la méthode de reconnaissance des formes floue précédemment présentés, nous avons appliqué une autre méthode de diagnostic par SVM, dont les résultats sont présentés dans la section suivante.

4.3 Résultats de programme de classification par SVM

Dans cette partie de travail, nous présentons les résultats de classification par algorithme SVM de notre base de données relative à la simulation des différents modèles du moteur diesel présenté dans le chapitre IV.

En se basant sur les différentes reconnaissances présentées dans le chapitre III, nous avons développé un algorithme qui utilise à la fois un noyau Linéaire, et un noyau du type Gaussien, l'algorithme SVM utilisé dans cette section est présenté dans le tableau 4.8.

Algorithme : SVM

Ensemble d'apprentissage X_a

$$X_a = \{(x_1, z_1), \dots, (x_i, z_i), \dots, (x_N, z_N)\} \quad i = 1 \dots N, x_i \in \mathfrak{R}^p, z_i = \{-1, +1\}$$

Choisir la fonction noyau (Linéaire, Gaussienne RBF)

- $k(x_i, x_j) = \langle x_i, x_j \rangle$ avec $\phi(x_i) = x_i$

- $k(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right)$

Appliquer une procédure d'optimisation (en utilisant la fonction noyau) pour trouver le vecteur de support, les coefficients α_i et les biais b (cf. équation 2.88).

Étant donné une nouvelle instance, x , trouve la classification de x par calcul :

$$f(x) = \text{sgn}\left(\sum_{i=1}^N z_i \alpha_i K(x_i, x) + b\right)$$

Si le signe de la fonction $f(x)$ est positive alors la nouvelle observation x appartient à la classe +1, sinon x appartient à la classe -1.

Tableau 4.8 : Étapes pour la classification SVM.

L'algorithme développé sous MATLAB R2014 a utilisé une fonction noyaux de type gaussien (Rbf_sigma), où sigma c'est un coefficient qui caractérise la fonction noyaux (Cf.2.4.1.2.1). Le tableau suivant résume quelques résultats obtenus en changeant la valeur sigma :

	Sigma = 0,01	Sigma=0,1	Sigma=10	Sigma=100
Taux de classification	96%	100%	96%	96%

Tableau 4.9 : Taux de classification obtenu pour différentes valeurs de sigma.

En changeant le coefficient sigma qui caractérise la fonction noyau, le taux de classification change car sigma sert à réguler la largeur de la gaussienne.

Dans la partie qui suit, nous présentons les résultats de classification de toute la base de données. Pour tester notre algorithme SVM nous avons utilisé comme configuration, la fonction noyaux Gaussien (RBF), et pour l'hyper paramètre (sigma) la valeur 0.15.

4.3.1 Classification de données de vitesse de rotation

Dans cette partie de travail, on va présenter les résultats de classifications des données de vitesse de rotation du moteur, l'algorithme SVM a été entraîné avec deux noyaux : Linéaire et Rbf.

Le tableau 4.10 illustre les performances de classification par SVM un contre tous.

Cas Étudié (Vitesse de rotation)	Kernel	Taux de classification (%)
		Un Contre Tous
Sans Défaut	Linéaire	95,83%
	Rbf	100%
Défaut d'injection	Linéaire	87%
	Rbf	95,83%
Défaut de soupape d'admission	Linéaire	83,33%
	Rbf	87,50%
Défaut de fuite d'admission	Linéaire	87,5 %
	Rbf	95,83 %
Défaut de compression	Linéaire	88%
	Rbf	92%

Tableau 4.10 : Taux de classification obtenue pour la classification des données de vitesse de rotation.

Les résultats de classification on permet de conclure que l'algorithme utilisé à réaliser une bonne classification des différentes observations, ainsi l'utilisation d'un noyau (Rbf) permet d'atteindre 90% à 100% de bonne classification dans la totalité des cas.

Les différents résultats de classification des données de la vitesse de rotation sont illustrés via les figures suivantes :

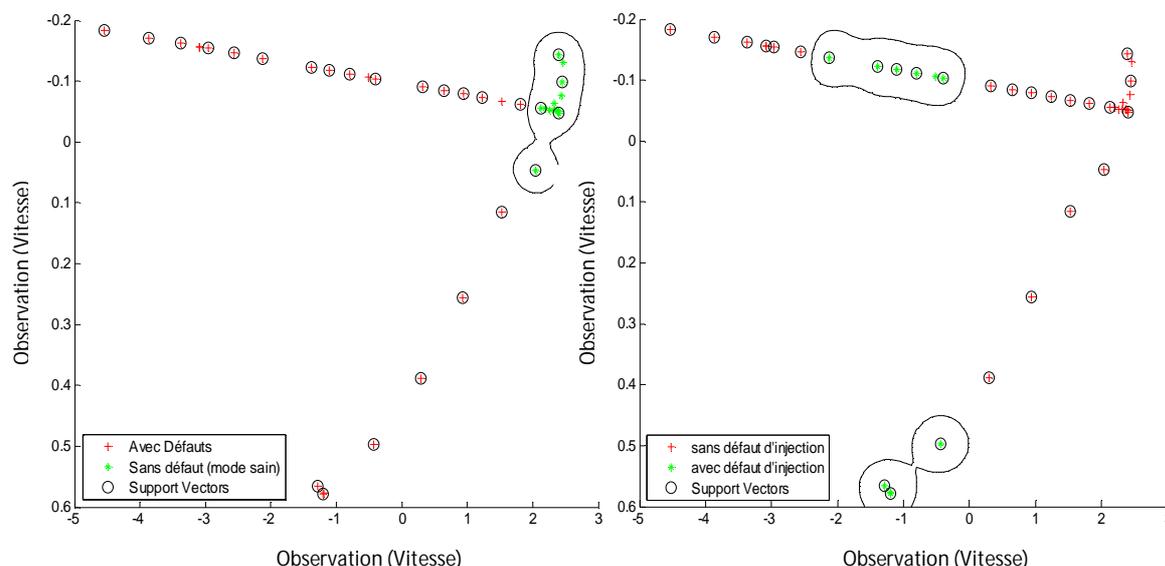


Figure 4.11 : Classification des données ω (sans défaut et avec tous les défauts)

Figure 4.12 : Classification des données ω (sans défaut d'injection et avec défaut d'injection)

La figure 4.11 montre la classification des observations de la vitesse de rotation quand le moteur fonctionne sans défaut (classe 1) et en présence des défauts (classe 2).

La figure 4.12 illustre les résultats de classification des observations de la vitesse dans le cas de fonctionnement en mode sans défaut d'injection contre tous les autres modes de fonctionnement.

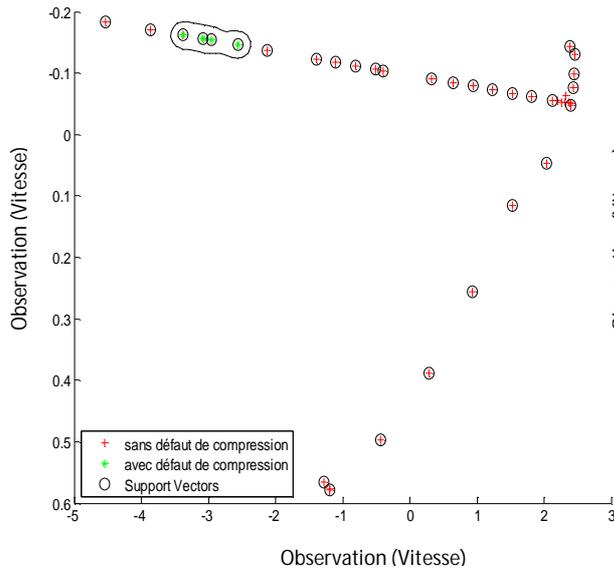


Figure 4.13 : Classification des données ω (sans défaut de compression et avec défaut de compression)

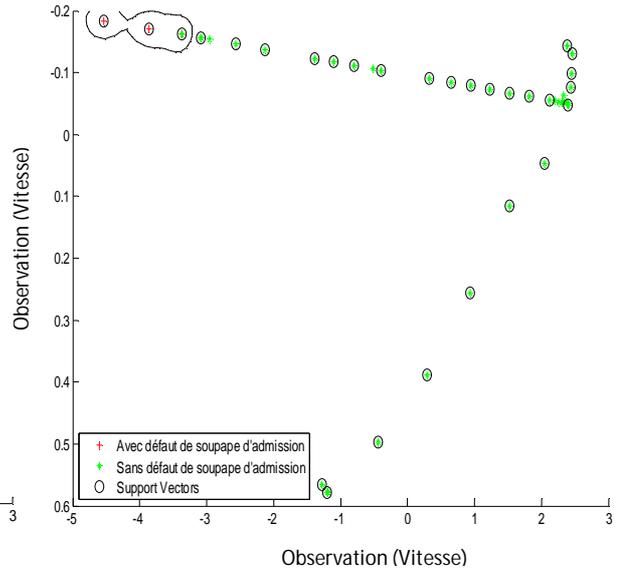


Figure 4.14 : Classification des données ω (sans défaut soupape ad et avec défaut soupape ad)

Sur la figure 4.13 une illustration de la classification des observations de la vitesse de rotation en mode de fonctionnement avec défaut de compression contre tous les autres modes de fonctionnement du moteur diesel.

Pour la figure 4.14 on remarque une séparation des données de vitesse de rotation en présence du défaut de soupape d'admission par rapport aux autres données qui présentent les autres modes de fonctionnement du moteur

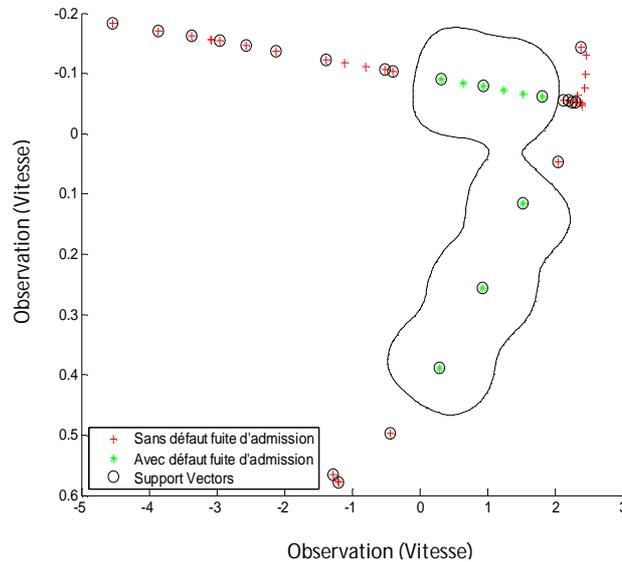


Figure 4.15 : Classification des données ω (Sans défaut de fuite ad et avec défaut de fuite ad)

La dernière figure 4.15 montre la séparation entre les modes de fonctionnement du moteur, la première classe est composée des données de vitesse de rotation sans défaut de fuite d'admission, les autres données (deuxième classe) rassemble les données de vitesse de rotation en présence du défaut de fuite d'admission.

4.3.2 Classification de données de pression d'admission

Les différents résultats de classification de la base de données de la pression d'admission via l'algorithme SVM sont illustrés dans les figures ci-dessous.

Le tableau 4.11 présente les différents taux de classification, afin de montrer les performances de l'approche adoptée.

Cas Étudié (Pression d'admission)	Kernel	Taux de classification (%)
		Un Contre Tous
Sans Défaut	Linéaire	76 %
	Rbf	80 %
Défaut d'injection	Linéaire	100 %
	Rbf	100 %
Défaut de soupape d'admission	Linéaire	95,83 %
	Rbf	100 %
Défaut de fuite d'admission	Linéaire	97,98 %
	Rbf	100 %
Défaut de compression	Linéaire	96 %
	Rbf	100 %

Tableau 4.11 : Taux de classification obtenue pour la classification des données de pression d'admission.

Les différents taux de classification présentés dans le tableau 4.11 permettent de conclure que l'utilisation d'un noyau Rbf donne un taux égal à 100% de bonne classification dans les différents modes de fonctionnement du moteur sauf pour le cas sain où le taux égale à 80% puisqu'il existe une observation mal classée sur la frontière de la classe.

Les résultats de classification des données de pression d'admission sont les suivants :

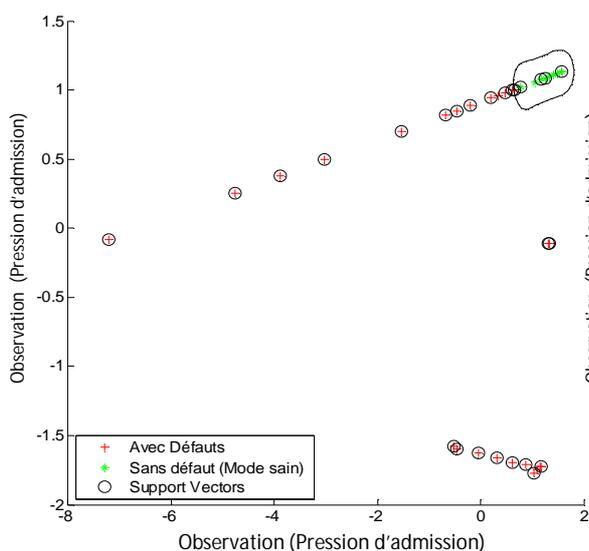


Figure 4.16 : classification des données p_a (sans défaut et avec défaut)

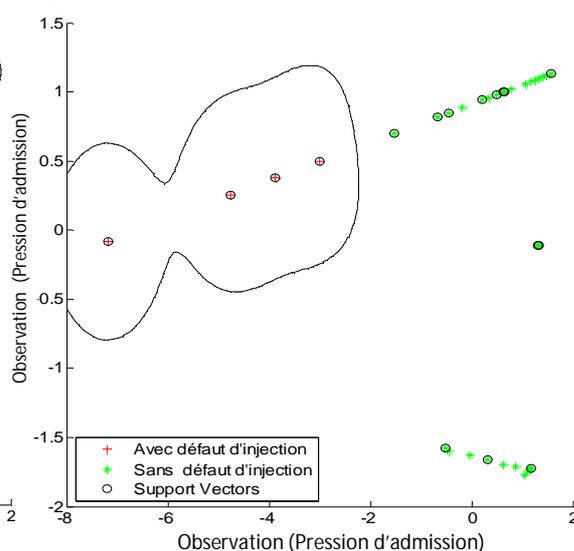


Figure 4.17 : classification des données p_a (sans défaut d'injection et avec défaut d'injection)

Les résultats de classification présentés sur les différentes figures, montrent la séparation des différents modes de fonctionnement du moteur diesel.

La figure 4.16 illustre une classification en deux classes, la première classe traduit le fonctionnement en présence des différents modes défectueux (en présence des défauts), ainsi la deuxième classe présente le fonctionnement en état normal.

Pour la figure 4.17, la première classe englobe les observations en fonctionnement avec défaut d'injection, et la deuxième classe représente les observations de la pression d'admission en présence d'autres modes de fonctionnement du moteur.

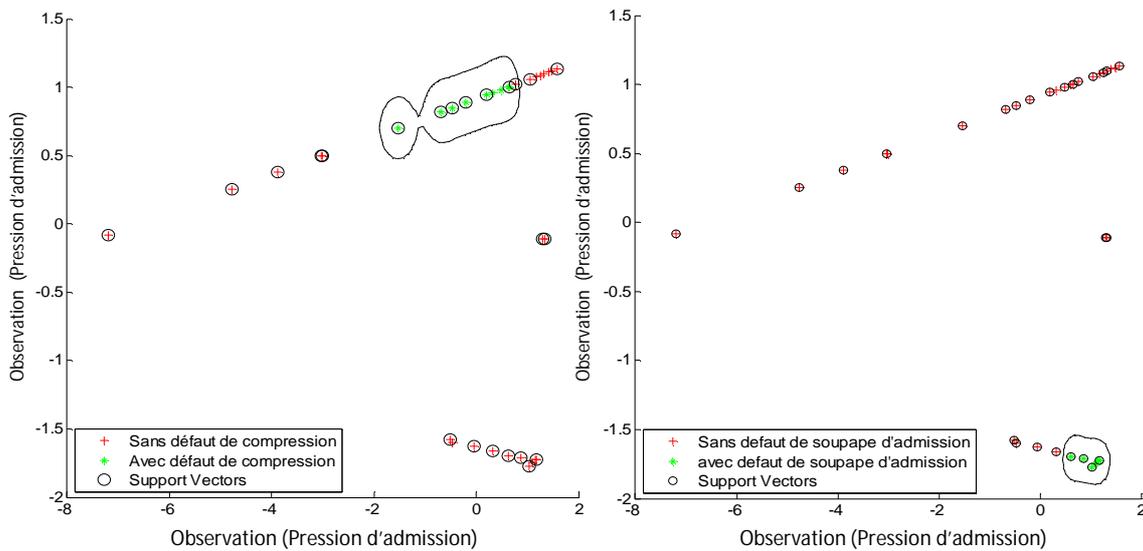


Figure 4.18 : Classification des données p_a (sans défaut de compression et avec défaut de compression)

Figure 4.19 : Classification des données p_a (sans défaut soupape ad et avec défaut de soupape ad)

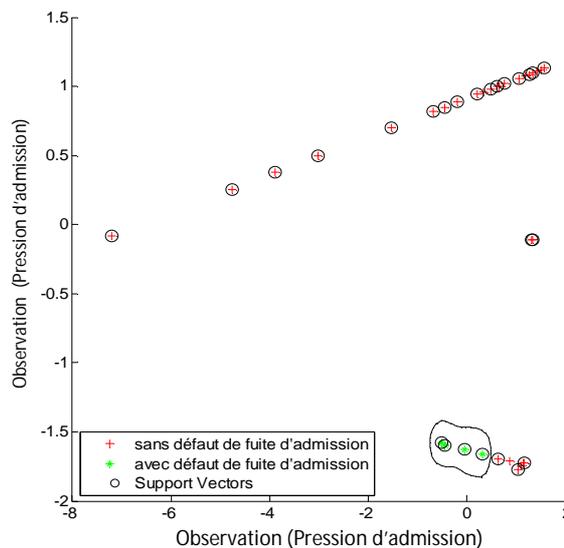


Figure 4.20 : Classification des données p_a (sans défaut de fuite ad et avec défaut de fuite ad)

Sur la figure 4.18 en voix deux classes, les observations de la première classe représentant un fonctionnement sans défaut de compression, tandis que les autres observations traduisant un fonctionnement en présence d'un défaut de compression.

La figure 4.19 illustre les résultats de classification de base de données (Pression d'admission) dans le cas de fonctionnement avec défaut de soupape d'admission contre tous les autres modes de fonctionnement.

La dernière figure 4.20 montre la séparation d'un mode de fonctionnement en présence d'un défaut de fuite d'admission par rapport aux autres modes de fonctionnement du moteur.

Les différents résultats de classifications des modes de fonctionnement et le taux de classification, confirment l'efficacité de l'approche SVM proposé.

4.3.3 Classification de données des émissions polluantes

Après importations de la base de données qui présente l'évolution des émissions polluantes en fonctionnement normal et en présence des défauts dans le code de calcul par SVM développé sur MATLAB 2014a, nous avons effectué une classification dans le seul but de connaître et séparer les différents modes de fonctionnement du moteur diesel pour le bon diagnostic de ce dernier.

Le tableau 4.12 est construit pour la bonne interprétation des résultats de classification, en utilise comme critère de vérification des performances de notre algorithme de calcul, le taux de bonne classification des différentes observations.

L'algorithme SVM a été entraîné avec deux noyaux : noyau de type linéaire et noyau Gaussien (Rbf).

Cas Étudié (Émissions Polluantes)	Kernel	Taux de classification (%)
		Un Contre Tous
Sans Défaut	Linéaire	95,83 %
	Rbf	100 %
Défaut d'injection	Linéaire	95,83 %
	Rbf	100 %
Défaut de soupape d'admission	Linéaire	96 %
	Rbf	100 %
Défaut de fuite d'admission	Linéaire	96 %
	Rbf	100 %
Défaut de compression	Linéaire	100 %
	Rbf	100 %

Tableau 4.12 : Taux de classification obtenue pour la classification des données des émissions polluantes.

Depuis le tableau 4.12 on peut conclure que l'utilisation d'un algorithme SVM avec noyau Rbf permet une bonne classification des différents modes de fonctionnement du moteur, dont le taux de bonne classification atteint 100% pour tous les cas étudiés.

La classification par SVM avec noyau de type linéaire donne un taux entre 95% à 96% sauf pour un seul cas il atteint 100%.

La comparaison des deux approches confirme l'efficacité de l'utilisation d'un algorithme SVM avec noyau Rbf qui donne toujours des bons résultats de classifications comparés à SVM linéaire.

Pour bien visualiser les différents résultats de classifications de base des données des émissions polluantes, nous illustrons les résultats via les figures suivantes :

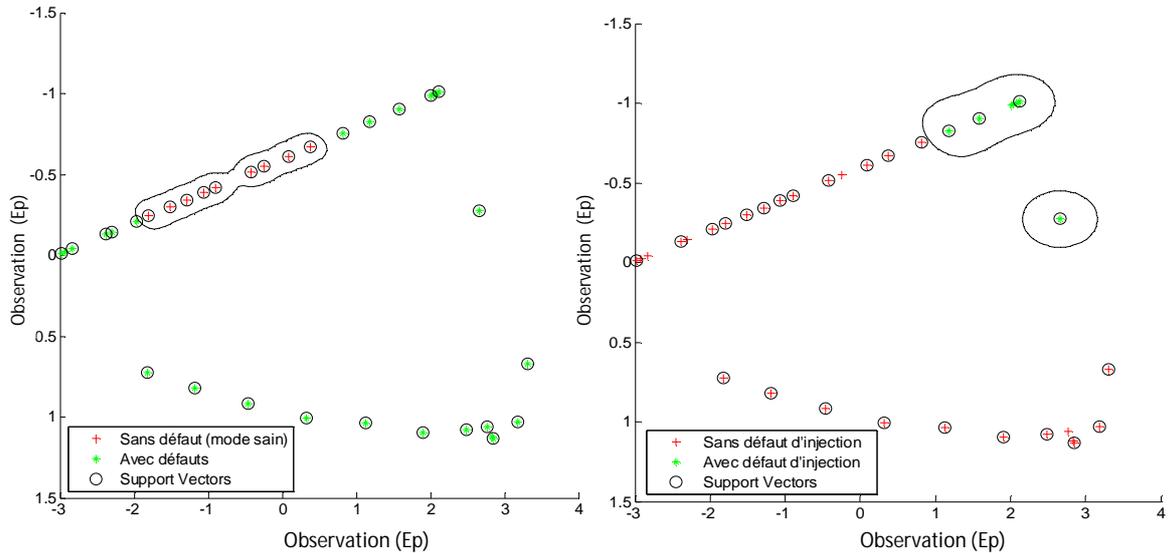


Figure 4.21 : Classification des données E_p (sans défaut et avec défaut)

Figure 4.22 : Classification des données E_p (sans défaut d'injection et avec défaut d'injection)

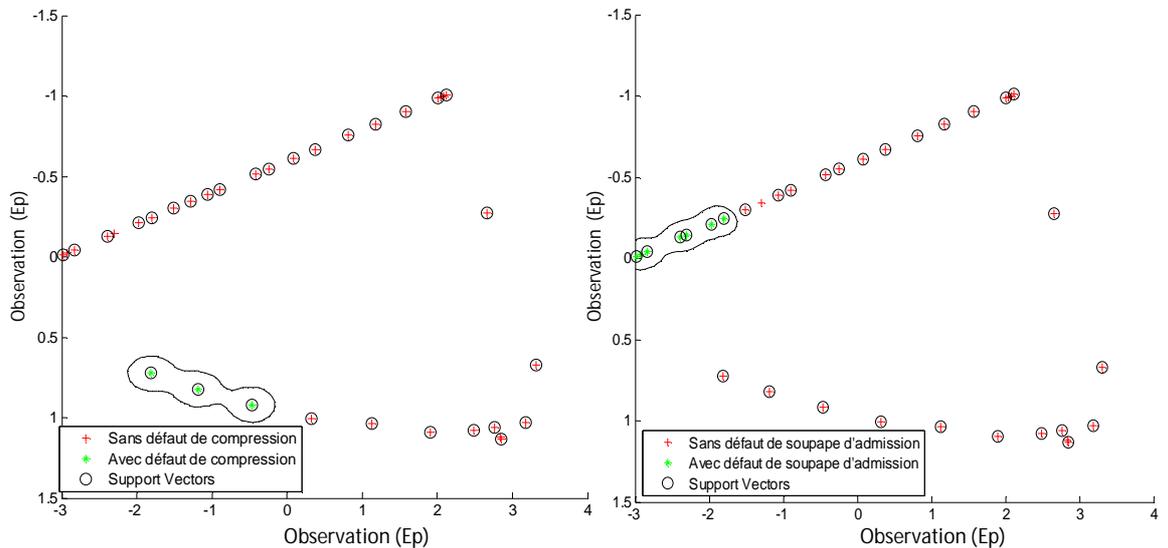


Figure 4.23 : Classification des données E_p (sans défaut de compression et avec défaut de compression)

Figure 4.24 : Classification des données E_p (sans défaut soupape ad et avec défaut de soupape ad)

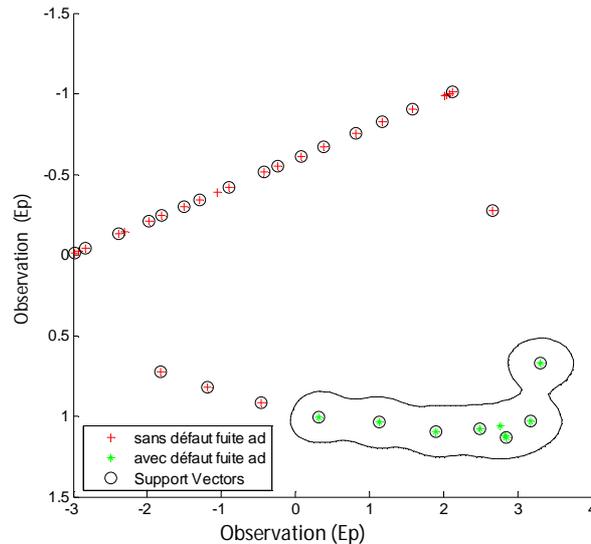


Figure 4.25 : Classification des données E_p (sans défaut de fuite ad et avec défaut de fuite ad)

Les différentes figures illustrant une classification binaire par SVM des différents modes de fonctionnement du moteur diesel.

La figure 4.21 présente une séparation de mode sans défaut par rapport aux autres modes de fonctionnement (émissions polluantes en modes avec différents défauts étudiés).

La figure 4.22 montre une séparation binaire entre la classe 1 (émissions polluantes lors d'un fonctionnement avec défaut d'injection) et la classe 2 qui représente les données des émissions polluantes avec les différents autres modes de fonctionnement du moteur.

Sur la figure 4.23 une classification d'un cas de fonctionnement avec défaut de compression face à tous les différents autres cas de fonctionnement.

Pour la figure 4.24 on constate l'existence des deux classes, les observations de la première classe sont celles d'un fonctionnement sans défaut de soupape d'admission, les autres observations (classe 2) représentent les observations des émissions polluantes en fonctionnement avec défaut de soupape d'admission.

La dernière figure 4.25 illustre la classification des données relatives à un mode de fonctionnement avec défaut de fuite d'admission contre tous les autres modes de fonctionnement du moteur diesel.

Comparaison des résultats de classification

À travers ce chapitre nous avons présenté les résultats obtenus par les deux méthodologies de diagnostic, la première utilise les techniques de reconnaissance des formes floues (algorithme MPCM), la deuxième méthodologie est basée sur les séparateurs à vaste marge (SVM).

La base de données relative à la simulation des différents modèles de moteur diesel a été divisée en deux parties, deux tiers pour l'apprentissage et un tiers pour le test, les mêmes sous-ensembles sont utilisés pour les deux techniques de diagnostic.

Le tableau ci-dessous présente les performances de classifications obtenues par les deux algorithmes de calculs

Paramètres surveillés	Algorithmes	Taux de bonne classification	Taux de Mauvaise classification
Vitesse de rotation	<i>MPCM</i>	72,94 %	27,06
	<i>SVM (RBF)</i>	94,23 %	5,77 %
Pression d'admission	<i>MPCM</i>	96,03 %	3,97 %
	<i>SVM (RBF)</i>	96 %	4 %
Emissions polluantes	<i>MPCM</i>	82,80 %	17,2 %
	<i>SVM (RBF)</i>	100 %	0 %

Tableau 4.13 : Performances de classification par MPCM et SVM

Les performances obtenues dans le tableau 4.13 montrant l'efficacité de la méthode des séparateurs à vastes marges (SVM) par rapport à la technique de reconnaissance des formes floue (algorithme MPCM), puisque les taux de bonnes classifications obtenus sont les meilleurs.

Les deux méthodologies de diagnostic, nous permettons de déterminer les mêmes modes de fonctionnement du moteur diesel, sur cette base, les résultats de classification par MPCM sont validés.

4.4 Conclusion

À travers ce cinquième chapitre, nous avons essayé de mettre en évidence l'utilité de la technique de reconnaissance des formes floue pour le diagnostic du fonctionnement d'un moteur diesel et la détection des situations de dysfonctionnements. Dans le but de valider les différents résultats obtenus par reconnaissance des formes floue, nous avons appliqué une deuxième méthode de diagnostic basée sur les séparateurs à vastes marges (SVM) qui permet à son tour la détection des modes de fonctionnement.

En premier lieu, nous avons illustré et interprété les résultats du programme de classification par reconnaissance des formes floue.

Les résultats obtenus ont démontré l'efficacité de la méthode de diagnostic basé sur l'algorithme C-moyenne possibiliste modifié, en termes de bonne classification. Cette démarche nous à permis de déterminer les différents modes de fonctionnement du moteur diesel qui sont au nombre de cinq.

En deuxième lieu, nous avons illustré et interprété les résultats de classification SVM. Notre algorithme de calcul à viser la classification des données en utilisant deux types de noyaux : linéaire et gaussien (Rbf).

Les résultats de classification permettent de conclure l'efficacité de notre approche pour la détection rapide des différents modes de fonctionnement avec un taux élevé de classification et un taux d'erreur minimal. L'efficacité de la technique SVM dans le cadre du diagnostic de

moteur diesel dépend en grande partie, de la qualité de l'information fournie comme vecteur d'entrée au classifieur.

Après comparaison des taux de bonne classification et de mauvaise classification par les deux algorithmes MPCM et SVM appliqué au diagnostic de moteur diesel, En constatent que les deux approches en déterminer d'une façon similaire les différents modes de fonctionnement. D'autres termes, on a pu valider les résultats de classification par MPCM en utilisons la méthode SVM.