Différentes méthodes parcimonieuses permettant de caractériser les textures dynamiques

Sloven DUBOIS

sloven.dubois01@univ-lr.fr

Directeurs de thèses : Michel MENARD et Renaud PETERI

20 novembre 2008

Sommaire

Introduction

Approche classique
- Décomposition multi-echelle 2D - 'frame par frame'
- Décomposition multi-echelle 2D+t
- Décomposition multi-echelle 1D - 'pixel par pixel'
- Décomposition multi-echelle 2D+2t
- Construction des vecteurs caractéristiques
- Résultats et analyse

Curvelet 3D
- Théorie en 2D
- En 3D

Conclusion

Introduction

Objectifs et applications

Objectifs

Extraction à partir d'analyse multi-résolution de vecteurs caractéristiques des textures dynamiques

Domaines d'applications

- suivi de textures dynamiques
- detection de phénomènes naturels
- indexation vidéo
- segmentation spatio-temporelle
- imagerie médicale $\longrightarrow$ Damien COISNE
- ...

Introduction

Schéma d'ensemble

Base de données de textures dynamiques

⇓

Vidéo

⇓

Analyse multi-résolution

⇓

Construction des signatures caractérisant une texture dynamique

⇓

Etude de la pertinence de la signature

Figure: Chaîne de traitement

Sommaire

Introduction

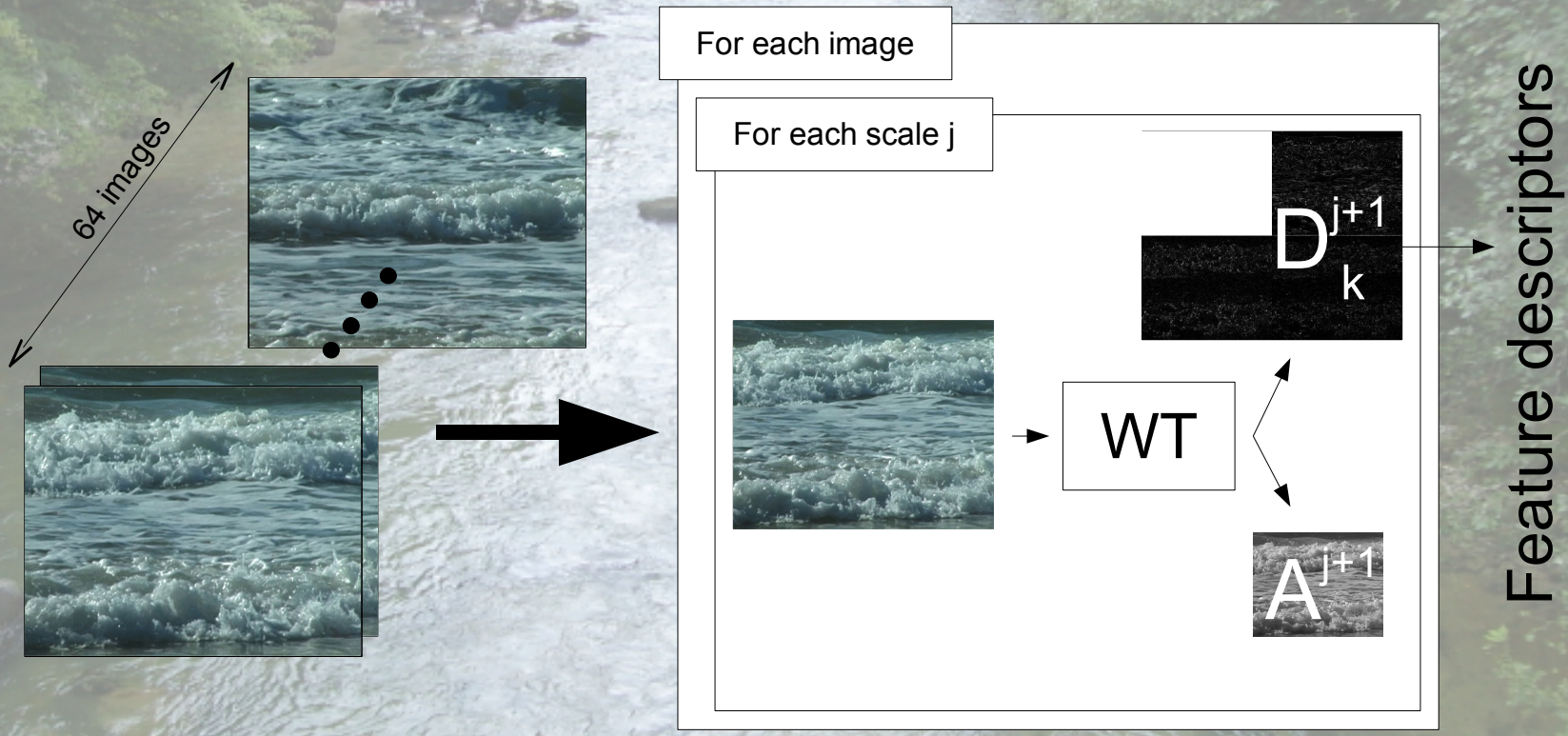
Approche classique
- Décomposition multi-echelle 2D - 'frame par frame'
- Décomposition multi-echelle 2D+t
- Décomposition multi-echelle 1D - 'pixel par pixel'
- Décomposition multi-echelle 2D+2t
- Construction des vecteurs caractéristiques
- Résultats et analyse

Curvelet 3D

Conclusion

Décomposition multi-echelle 2D - 'frame par frame'

Méthode



$$k \in \{h, v, d\}$$

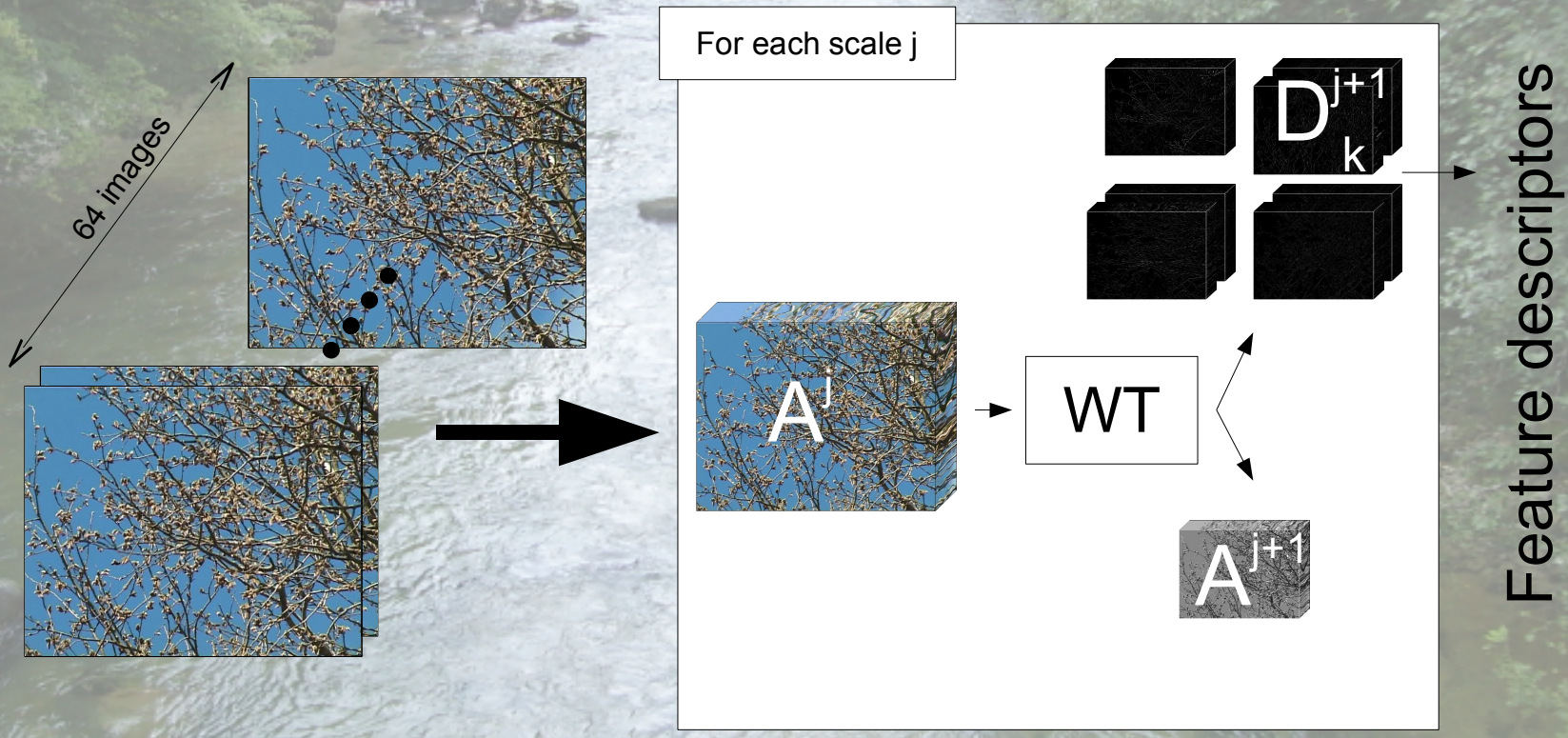
Décomposition multi-echelle 2D - 'frame par frame'

Banc de filtre

$$WT \begin{cases} A^{j+1} & = L(x) \star L(y) \star A^j \\ D_h^{j+1} & = H(x) \star L(y) \star A^j \\ D_v^{j+1} & = L(x) \star H(y) \star A^j \\ D_d^{j+1} & = H(x) \star H(y) \star A^j \end{cases}$$

Décomposition multi-echelle 2D+t

Méthode



$$k \in \{h, v, d, t, ht, vt, dt\}$$

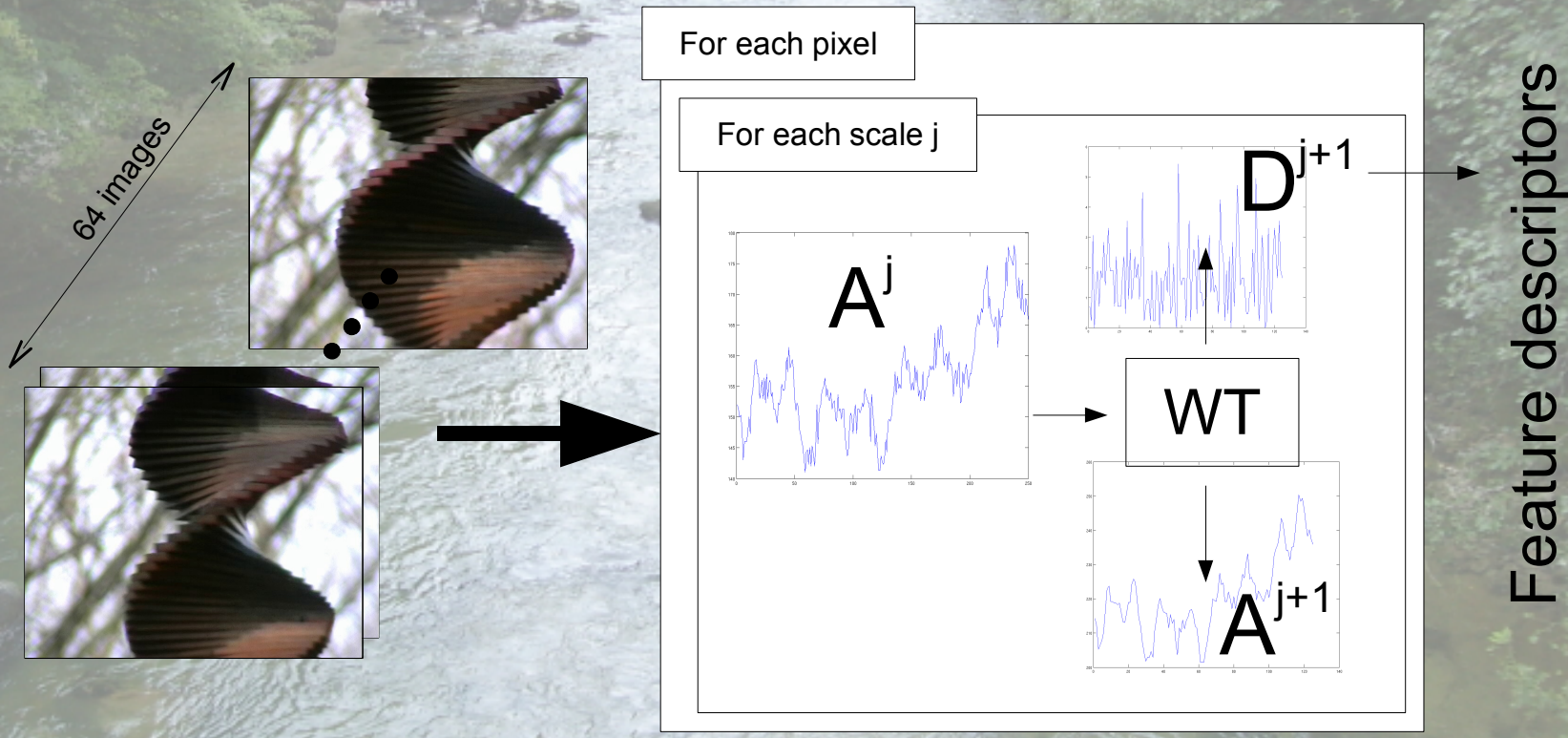
Décomposition multi-echelle 2D+t

Banc de filtre

$$WT \begin{cases} A^{j+1} & = L(x) \star L(y) \star L(t) \star A^j \\ D_h^{j+1} & = H(x) \star L(y) \star L(t) \star A^j \\ D_v^{j+1} & = L(x) \star H(y) \star L(t) \star A^j \\ D_d^{j+1} & = H(x) \star H(y) \star L(t) \star A^j \\ D_t^{j+1} & = L(x) \star L(y) \star H(t) \star A^j \\ D_{ht}^{j+1} & = H(x) \star L(y) \star H(t) \star A^j \\ D_{vt}^{j+1} & = L(x) \star H(y) \star H(t) \star A^j \\ D_{dt}^{j+1} & = H(x) \star H(y) \star H(t) \star A^j \end{cases}$$

Décomposition multi-echelle 1D - 'pixel par pixel'

Méthode



$$k \in \{t\}$$

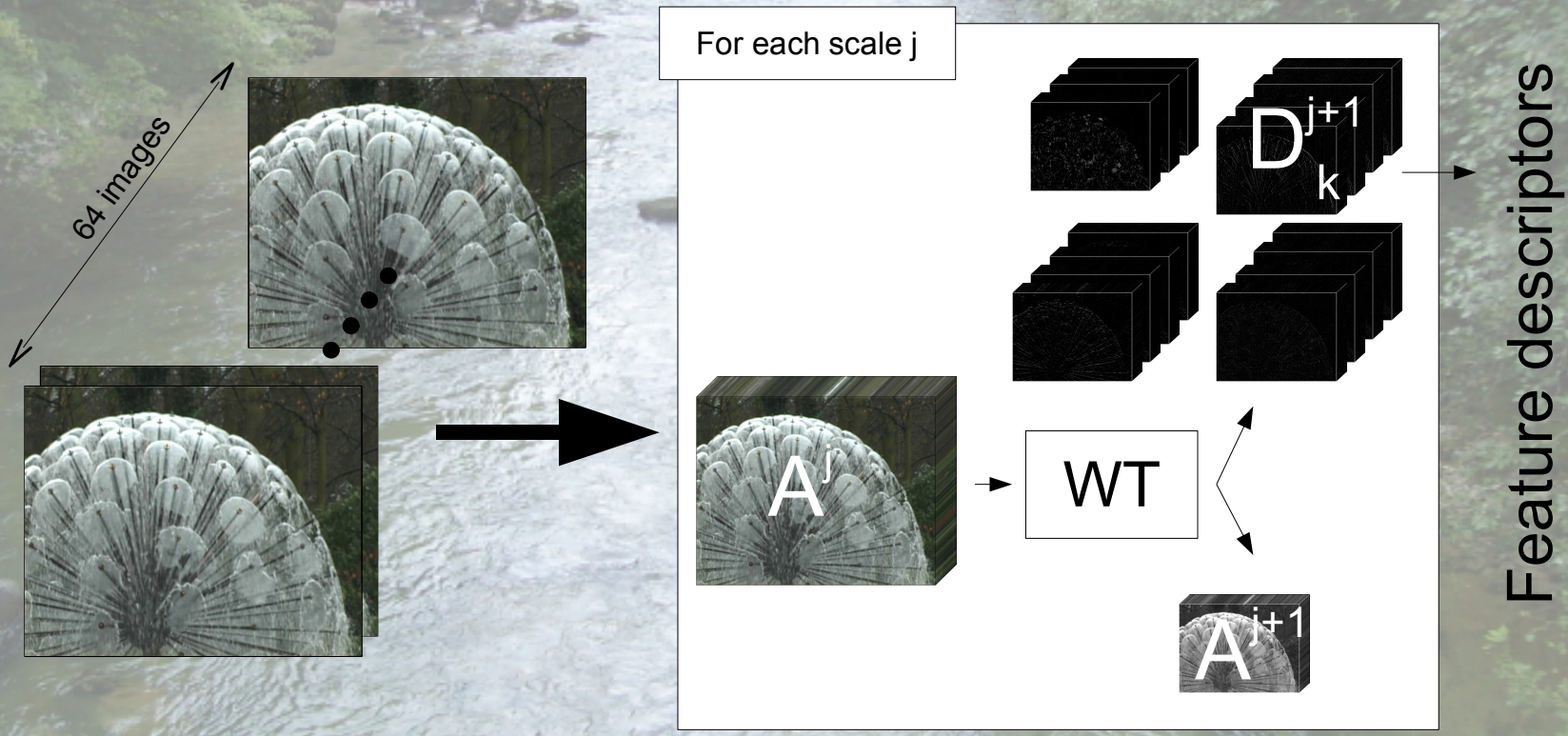
Décomposition multi-echelle 1D - 'pixel par pixel'

Banc de filtre

$$WT \begin{cases} A^{j+1} & = L(t) \star A^j \\ D_t^{j+1} & = H(t) \star A^j \end{cases}$$

Décomposition multi-echelle 2D+2t

Méthode



$$k \in \{h, v, d, t_1, t_2, ht_1, vt_1, dt_1, ht_2, vt_2, dt_2, t_1t_2, ht_1t_2, vt_1t_2, dt_1t_2\}$$

Décomposition multi-echelle 2D+2t

Banc de filtre

$$
WT \begin{cases}
A^{j+1} & = L(x) \star L(y) \star L(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_h^{j+1} & = H(x) \star L(y) \star L(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_v^{j+1} & = L(x) \star H(y) \star L(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_d^{j+1} & = H(x) \star H(y) \star L(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_{t_1}^{j+1} & = L(x) \star L(y) \star H(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_{ht_1}^{j+1} & = H(x) \star L(y) \star H(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_{vt_1}^{j+1} & = L(x) \star H(y) \star H(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_{dt_1}^{j+1} & = H(x) \star H(y) \star H(t_1) \star L(t_2) \star A^j \\
D_{t_2}^{j+1} & = L(x) \star L(y) \star L(t_1) \star H(t_2) \star A^j \\
D_{ht_2}^{j+1} & = H(x) \star L(y) \star L(t_1) \star H(t_2) \star A^j \\
D_{vt_2}^{j+1} & = L(x) \star H(y) \star L(t_1) \star H(t_2) \star A^j \\
D_{dt_2}^{j+1} & = H(x) \star H(y) \star L(t_1) \star H(t_2) \star A^j \\
D_{t_1 t_2}^{j+1} & = L(x) \star L(y) \star H(t_1) \star H(t_2) \star A^j \\
D_{ht_1 t_2}^{j+1} & = H(x) \star L(y) \star H(t_1) \star H(t_2) \star A^j \\
D_{vt_1 t_2}^{j+1} & = L(x) \star H(y) \star H(t_1) \star H(t_2) \star A^j \\
D_{dt_1 t_2}^{j+1} & = H(x) \star H(y) \star H(t_1) \star H(t_2) \star A^j
\end{cases}
$$

Construction des vecteurs caractéristiques

A l'aide de l'energie des sous-bandes de détails

$$E_k^j = \frac{1}{XYT} \sum_x \sum_y \sum_t |D_k^j|^2$$

avec j : le niveau de décomposition
X, Y et T : la taille de la sous-bande D_k^j

2D 'frame par frame'

$$k \in \{ h, v, d \}$$

2D+t

$$k \in \left\{ \begin{array}{c} h, v, d, t \\ ht, vt, dt \end{array} \right\}$$

2D+2t

$$k \in \left\{ \begin{array}{c} h, v, d, t_1, t_2 \\ ht_1, vt_1, dt_1 \\ ht_2, vt_2, dt_2 \\ t_1 t_2, ht_1 t_2 \\ vt_1 t_2, dt_1 t_2 \end{array} \right\}$$

1D 'pixel par pixel'

$$k \in \{t\}$$

Construction des vecteurs caractéristiques

A l'aide de l'energie des sous-bandes de détails

$$E_k^j = \frac{1}{XYT} \sum_x \sum_y \sum_t |D_k^j|^2$$

avec j : le niveau de décomposition
X, Y et T : la taille de la sous-bande D_k^j

2D 'frame par frame'

$k \in \{ h, v, d \}$

Taille de la signature

9

2D+t

$$k \in \left\{ \begin{array}{c} h, v, d, t \\ ht, vt, dt \end{array} \right\}$$

Taille de la signature

21

2D+2t

$$k \in \left\{ \begin{array}{c} h, v, d, t_1, t_2 \\ ht_1, vt_1, dt_1 \\ ht_2, vt_2, dt_2 \\ t_1 t_2, ht_1 t_2 \\ vt_1 t_2, dt_1 t_2 \end{array} \right\}$$

Taille de la signature

45

1D 'pixel par pixel'

$k \in \{t\}$

Taille de la signature

5

Résultats et analyse

Classes

- Calcul des signatures sur l'ensemble de DynTex (656 vidéos)

Résultats et analyse

Classes

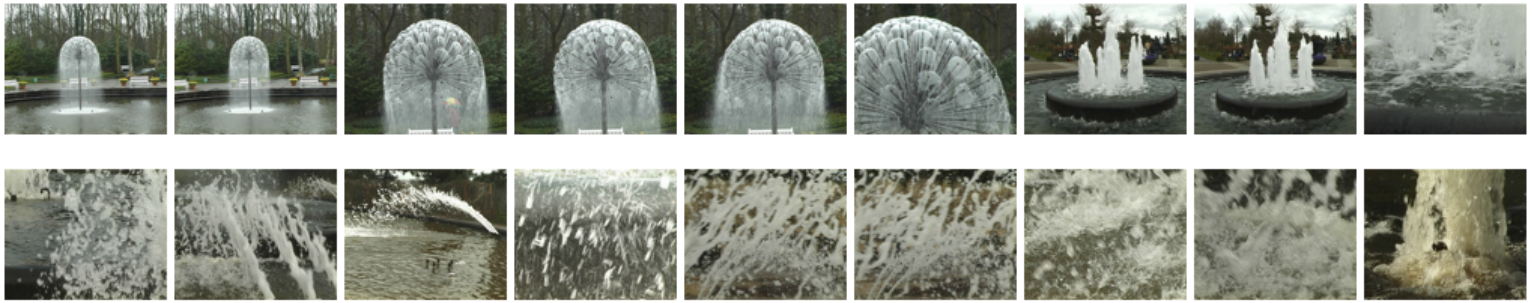
Classe 1 : Mer

Classe 2 : Arbre

Résultats et analyse

Classes

Classe 3 : Fontaine



Classe 4 : Fumée

Résultats et analyse

Classes

Classe 5 : Escalator

Résultats et analyse

Méthode d'évaluation des vecteurs caractéristiques

Leave-one-out

Soit f notre vecteur de signature

- Initialisation
  - Pour chaque classe C_c, on calcul sa moyenne μ_c :

$$\mu_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} f_i$$

- Pour chaque élément f_j de la classe C_c
  - On calcule la moyenne μ_c^j correspondant à la moyenne de la classe C_c privée de l'élement f_j :

$$\mu_c^j = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1, i \neq j}^{N} f_i$$

  - On regarde ensuite de quelles moyennes f_i est le plus proche.

Résultats et analyse

Méthode d'évaluation des vecteurs caractéristiques

Leave-one-out (suite)

- Construction d'une matrice de confusion

Exemple :

	A	B	C	D
A	10	0	0	0
B	0	9	0	1
C	0	0	10	0
D	4	3	0	3

Résultats et analyse

Tableau récapitulatif

	2D 'frame par frame'	2D+t	1D 'pixel par pixel'	2D+2t
Mer (20)	**20**	17	16	16
Arbre (20)	15	**17**	11	13
Fontaine (20)	**17**	13	13	8
Fumée (16)	**16**	12	**16**	13
Escalator (7)	5	5	4	5

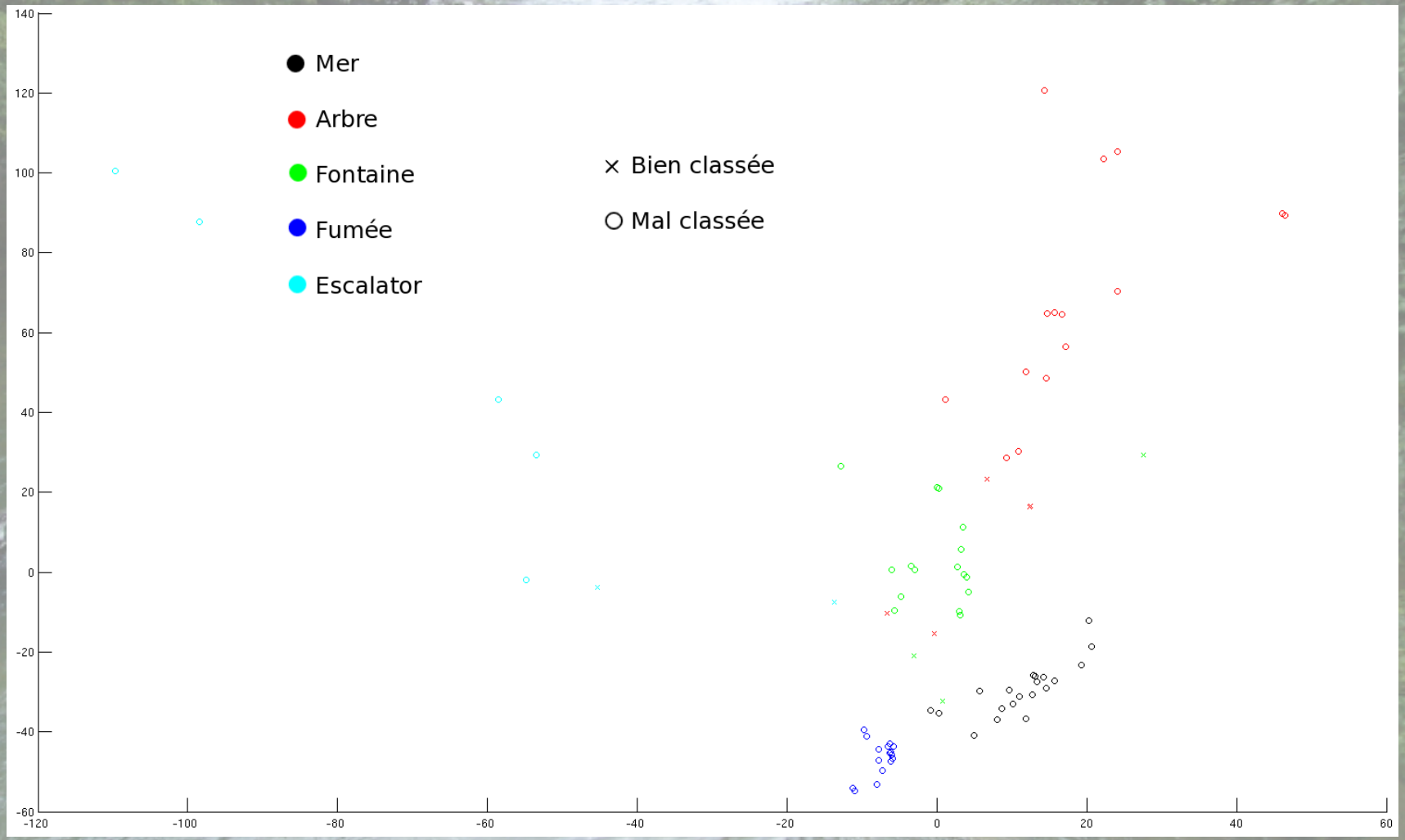
Résultats et analyse

Tableau récapitulatif

	2D 'frame par frame'	2D+t	1D 'pixel par pixel'	2D+2t
Mer (20)	**20**	17	16	16
Arbre (20)	15	**17**	11	13
Fontaine (20)	**17**	13	13	8
Fumée (16)	**16**	12	**16**	13
Escalator (7)	5	5	4	5
Erreur	12%	23%	27%	33%

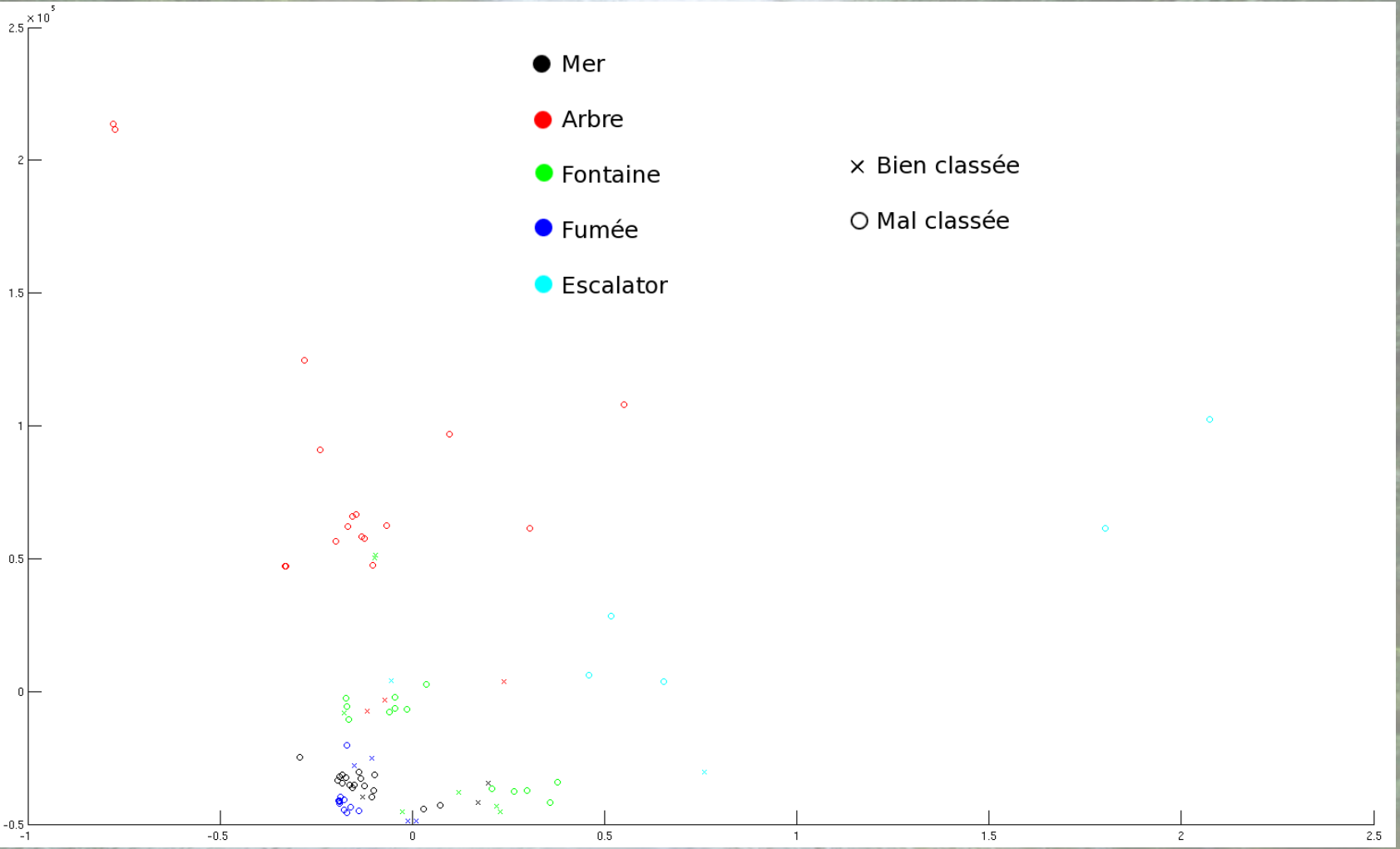
Résultats et analyse

Graphiquement - Décomposition 2D - 'frame par frame'



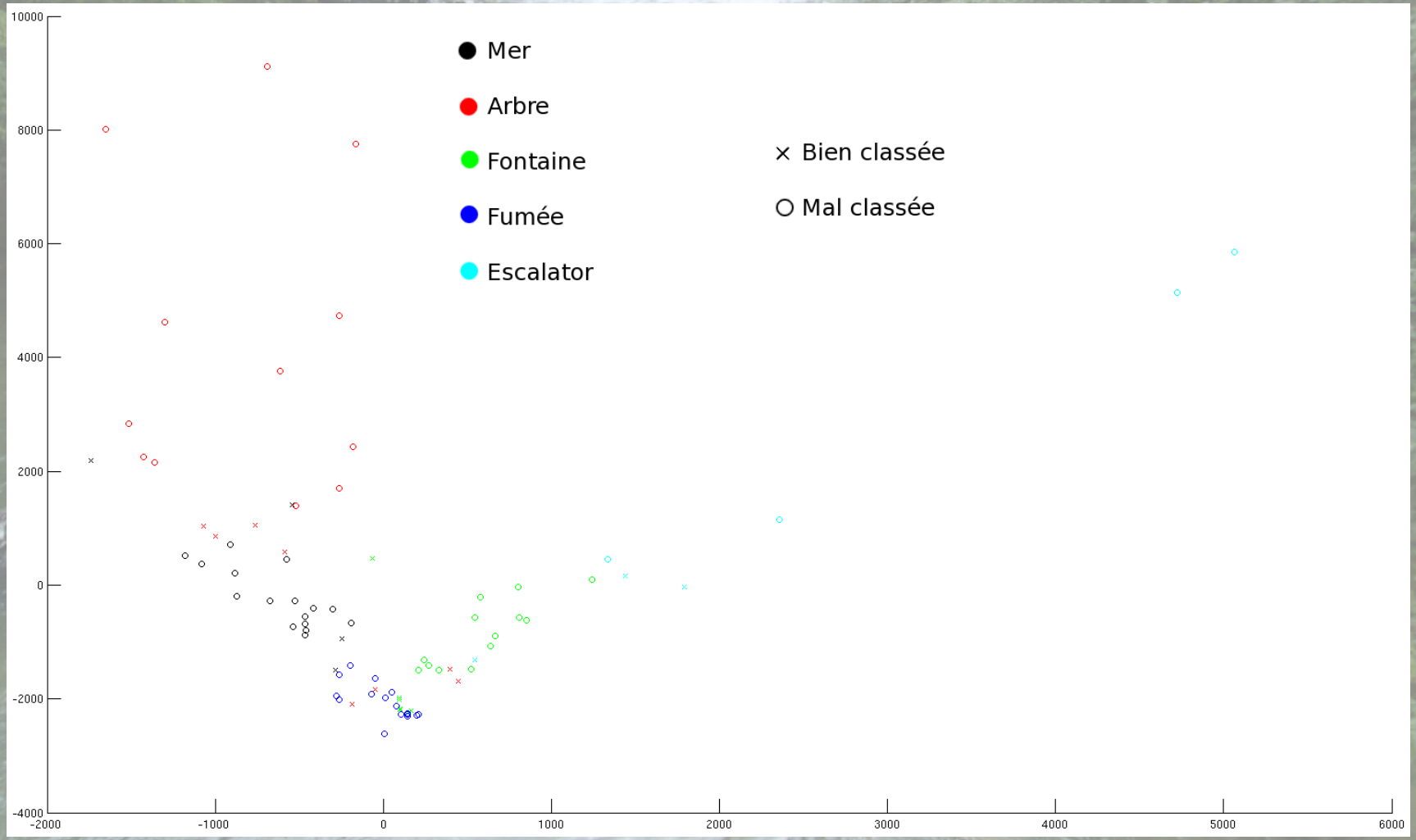
Résultats et analyse

Graphiquement - Décomposition 2D+t



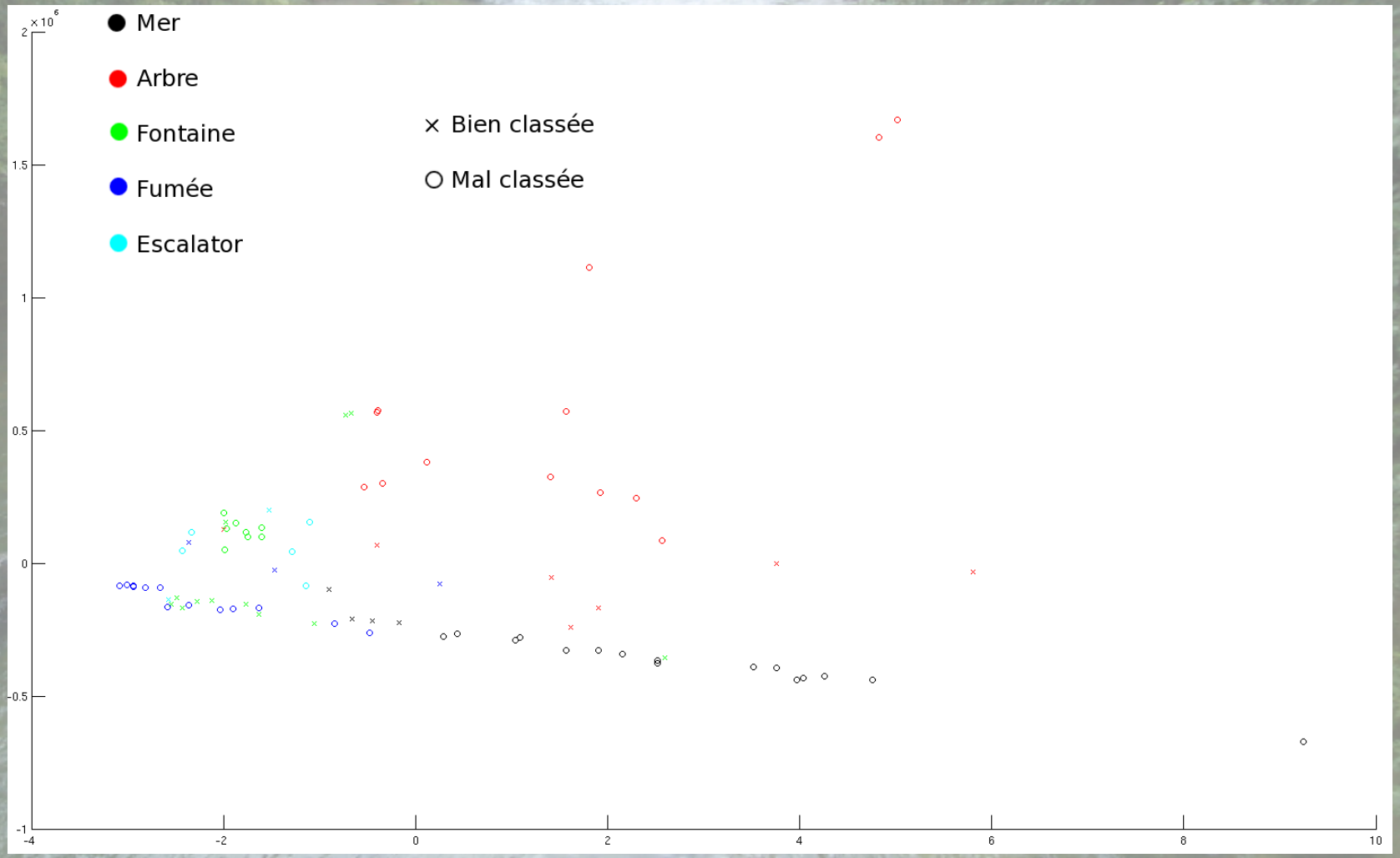
Résultats et analyse

Graphiquement - Décomposition 1D - 'pixel par pixel'



Résultats et analyse

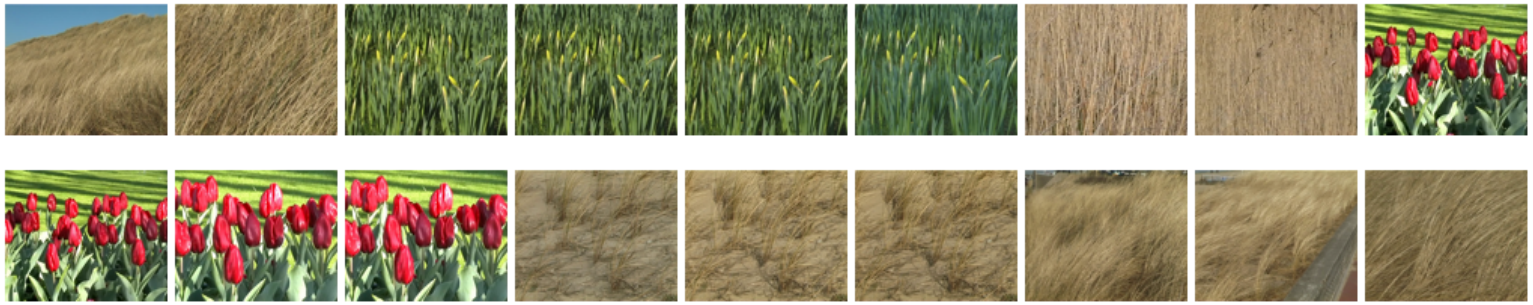
Graphiquement - Décomposition 2D+2t



Résultats et analyse

Ajout d'une classe

Classe 6 : Herbes



Résultats et analyse

Ajout d'une classe - Tableau récapitulatif

	2D 'frame par frame'	2D+t	1D 'pixel par pixel'	2D+2t
Mer (20)	20	17	16	16
Arbre (20)	15	17	11	13
Fontaine (20)	17	13	13	8
Fumée (16)	16	12	16	13
Escalator (7)	5	5	4	5
Erreur	12%	23%	27%	33%

Résultats et analyse

Ajout d'une classe - Tableau récapitulatif

	2D 'frame par frame'	2D+t	1D 'pixel par pixel'	2D+2t
Mer (20)	20	17	16	16
Arbre (20)	15	17	11	13
Fontaine (20)	17	13	13	8
Fumée (16)	16	12	16	13
Escalator (7)	5	5	4	5
Herbe (20)	8	6	4	6
Erreur	12%	23%	27%	33%

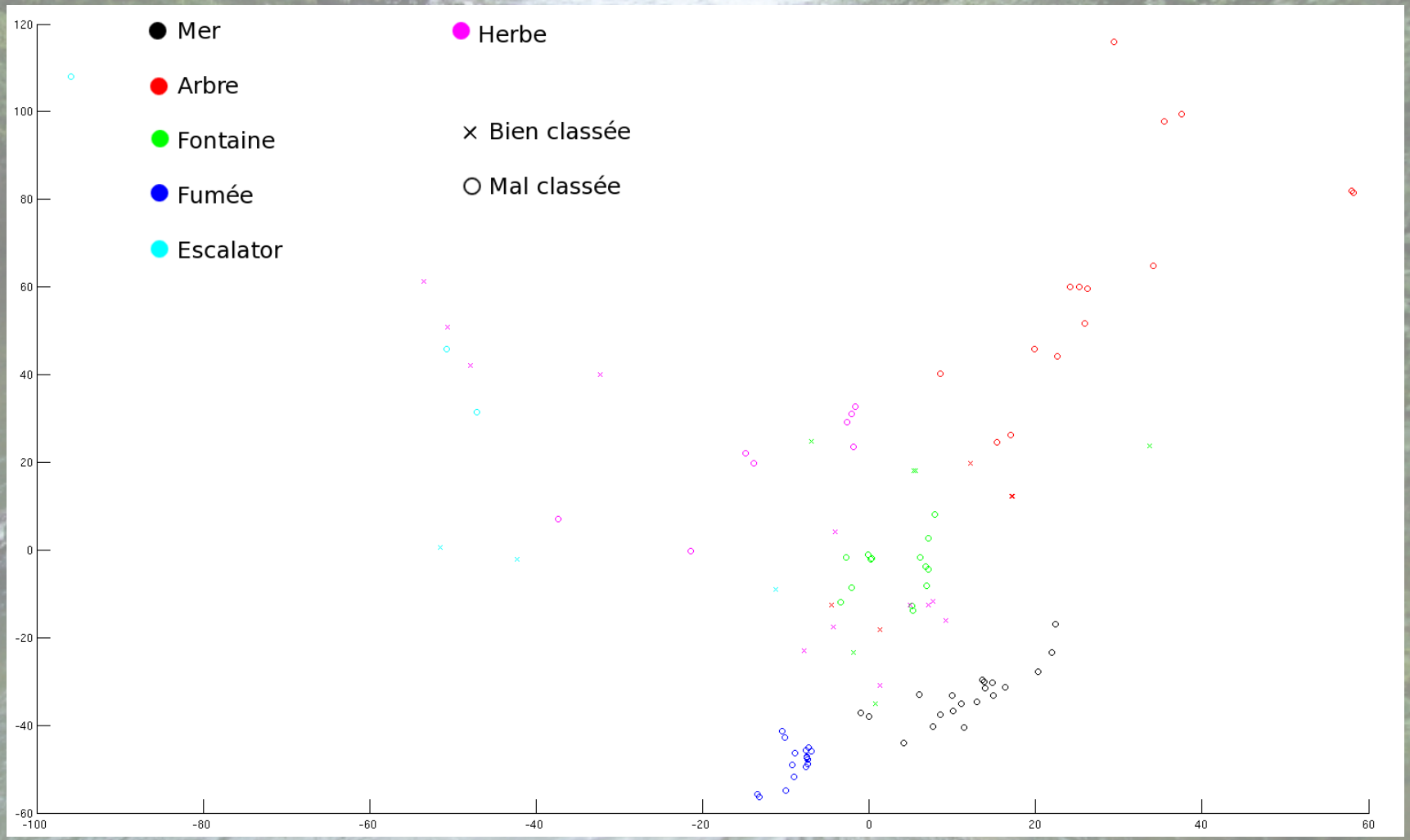
Résultats et analyse

Ajout d'une classe - Tableau récapitulatif

	2D 'frame par frame'	2D+t	1D 'pixel par pixel'	2D+2t
Mer (20)	20	17	16	16
Arbre (20)	15	17	11 +1	13
Fontaine (20)	17 -3	13 -2	13	8
Fumée (16)	16	12	16 -6	13
Escalator (7)	5 -1	5 -2	4	5 -1
Herbe (20)	8	6	4	6
Erreur	12%	23%	27%	33%
	+13%	+13%	+16%	+9%

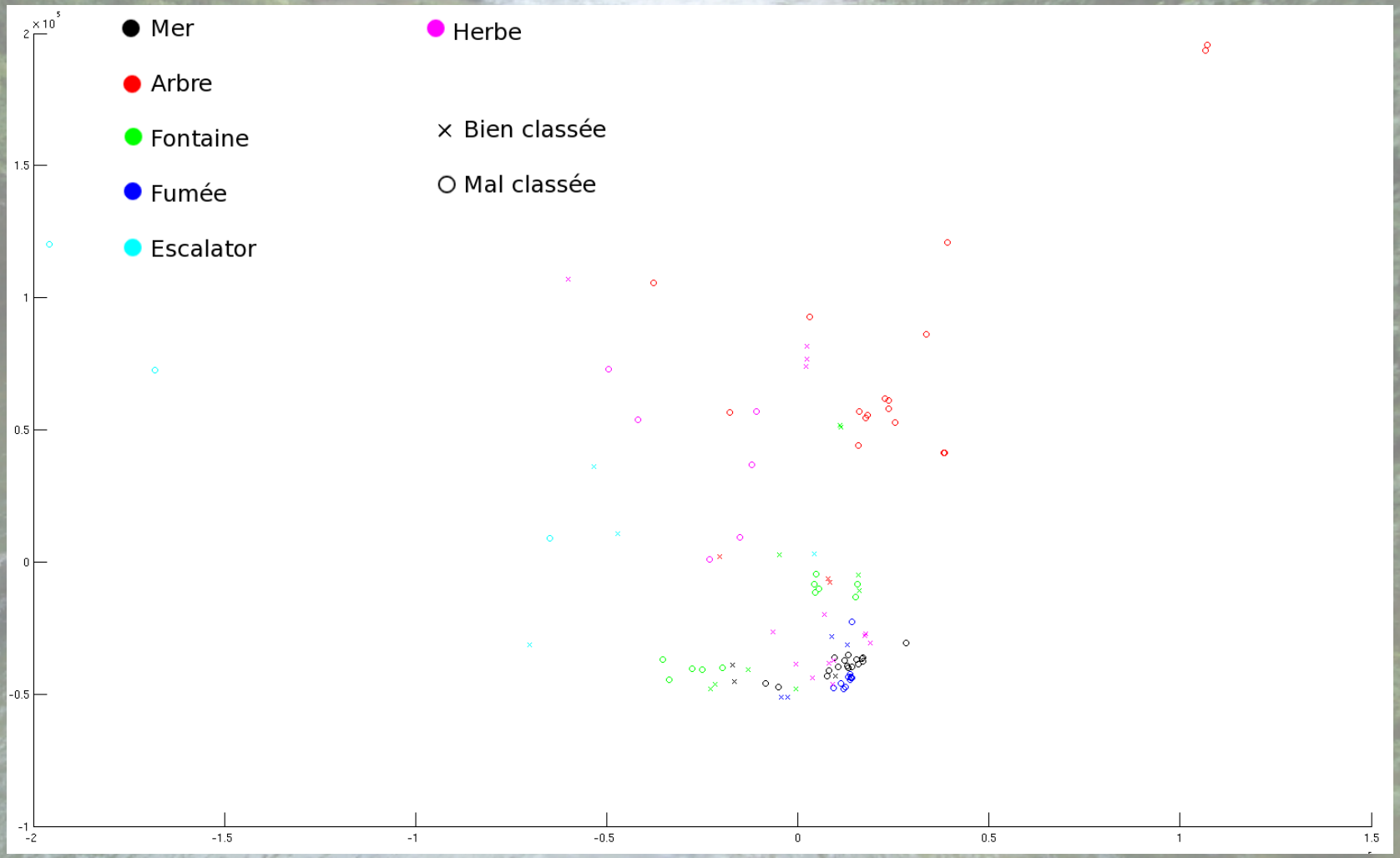
Résultats et analyse

Ajout d'une classe - Graphiquement - Décomposition 2D - 'frame par frame'



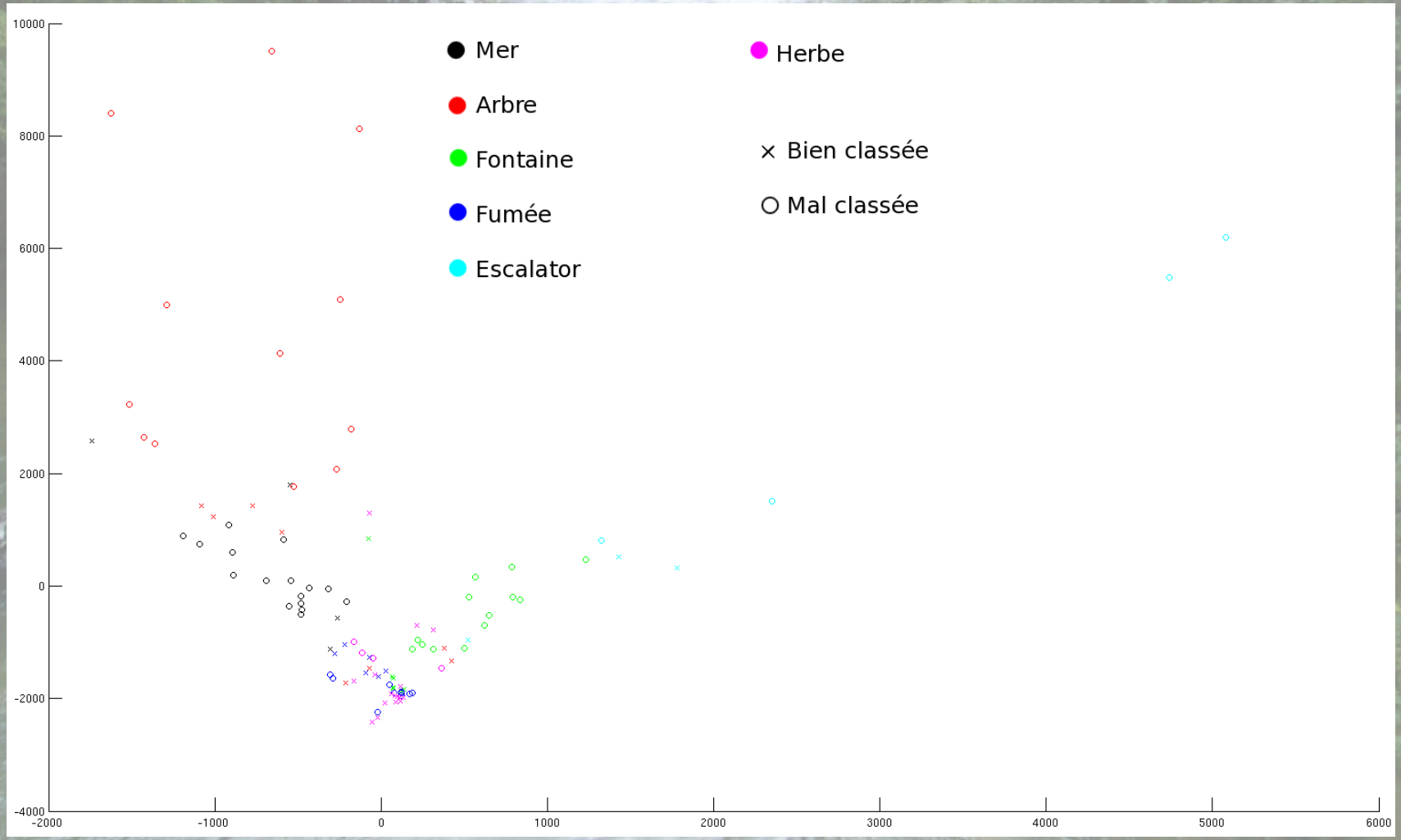
Résultats et analyse

Ajout d'une classe - Graphiquement - Décomposition 2D+t



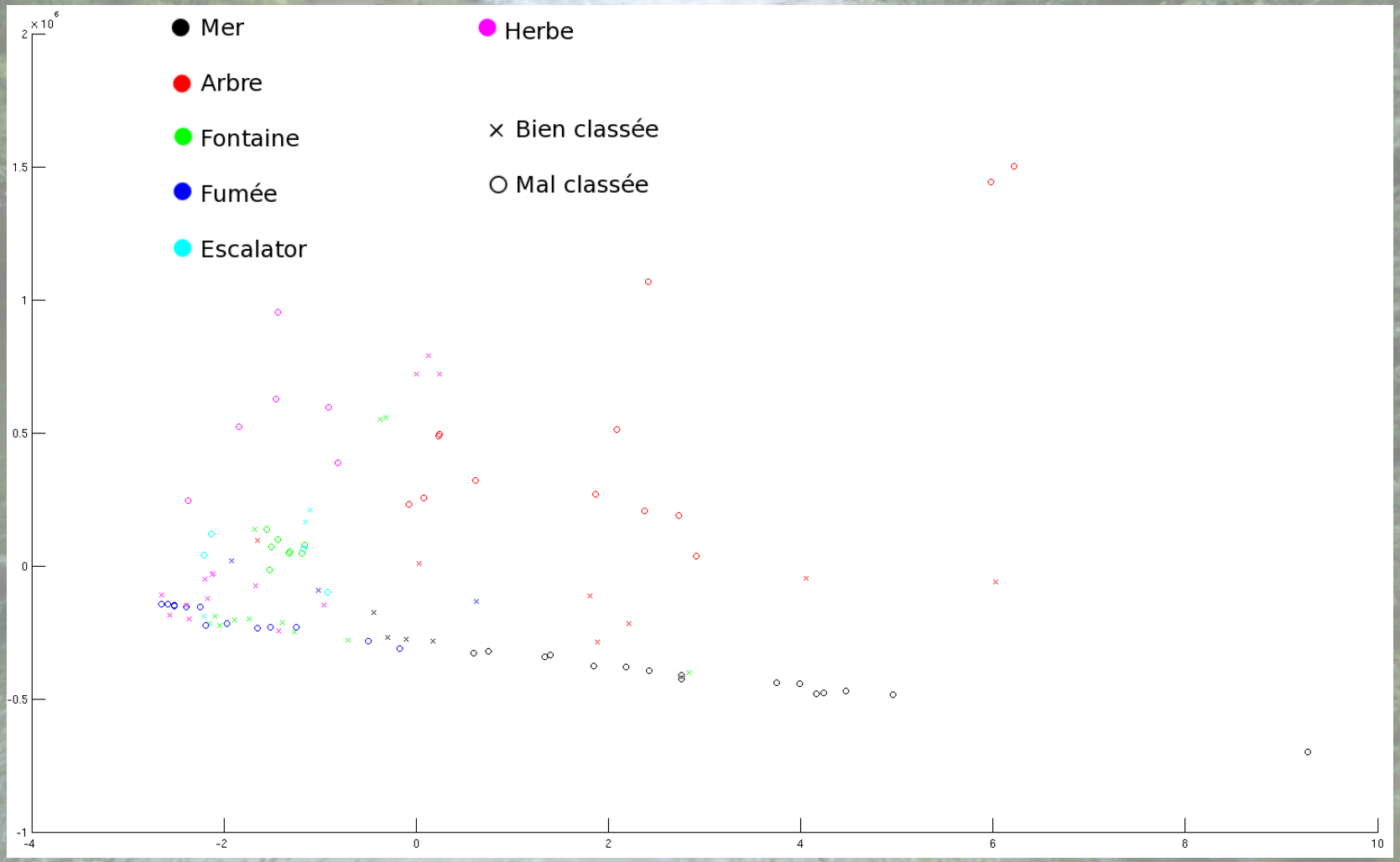
Résultats et analyse

Ajout d'une classe - Graphiquement - Décomposition 1D - 'pixel par pixel'



Résultats et analyse

Ajout d'une classe - Graphiquement - Décomposition 2D+2t



Résultats et analyse

Apport de l'approche classique

Avantages

Résultats et analyse

Apport de l'approche classique

Avantages

- Facilement compréhensible

Résultats et analyse

Apport de l'approche classique

Avantages

- Facilement compréhensible
- Rapide à mettre en place

Résultats et analyse

Apport de l'approche classique

Avantages

- Facilement compréhensible
- Rapide à mettre en place
- Rapide en temps de calcul

Résultats et analyse

Apport de l'approche classique

Desavantages

Résultats et analyse

Apport de l'approche classique

Desavantages

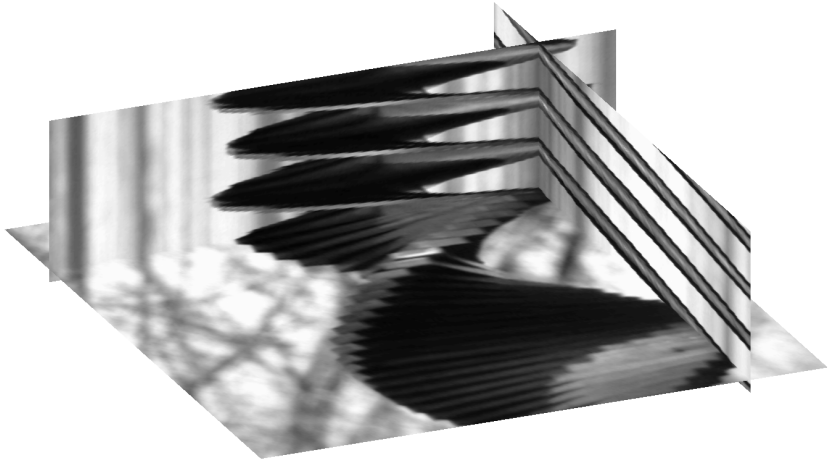
- Peu performant pour des grosses masses de vidéos
  - Taux d'erreur variant de 45% à 65% pour 300 vidéos

Résultats et analyse

Apport de l'approche classique

Desavantages

- Peu performant pour des grosses masses de vidéos
  - Taux d'erreur variant de 45% à 65% pour 300 vidéos
- Classes faites 'mains'
  - Utilisation des FCM (Fuzzy C-Means)
- Décomposition trop linéaire



Sommaire

Introduction

Approche classique

Curvelet 3D
- Théorie en 2D
- En 3D

Conclusion

Théorie en 2D

Transformée en curvelet numérique

$$c(j,l,k) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int \widehat{f}(\omega)\overline{\widehat{\varphi}_{j,l,k}(\omega)}d\omega \tag{1}$$

avec
- j : la résolution
- l : l'angle
- k : la translation
- f : l'image
- $\widehat{f}$: la transformée de Fourier de f

Théorie en 2D

Transformée en curvelet numérique

$$c(j,l,k) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int \widehat{f}(\omega)\overline{\widehat{\varphi}_{j,l,k}(\omega)}d\omega \tag{1}$$

avec
- j : la résolution
- l : l'angle
- k : la translation
- f : l'image
- $\widehat{f}$: la transformée de Fourier de f

$\varphi_{j,l,k}$ est la curvelet mère

Théorie en 2D

Curvelet mère

- Dans le domaine spectral

$$\widehat{\varphi}_{j,l,k}(\omega) = U_j(R_{\theta_l}\omega)e^{i\langle x_k^{(j,l)},\omega\rangle}d\omega \tag{2}$$

avec $e^{i\langle x_k^{(j,l)},\omega\rangle}$: correspond à la translation de la curvelet
$U_j(R_{\theta_l}\omega)$: fenêtrage précis du domaine spectral

- Tout est dans le fenêtrage, pour la suite

$$U_j(R_{\theta_l}\omega) = U_{j,l}(\omega)$$

Théorie en 2D

Fenêtrage du domaine spectral

$$U_{j,l}(\omega) = W_j(\omega) V_j(R_{\theta_l}\omega) \tag{3}$$

avec $W_j(\omega)$: correspond à un fenêtrage radial
$V_j(R_{\theta_l}\omega)$: correspond à un fenêtrage angulaire

Théorie en 2D

Fenêtrage radial $W_j(\omega)$

$$W_j(\omega) = \sqrt{\Phi_{j+1}^2(\omega) - \Phi_j^2(\omega)} \tag{4}$$

avec $\quad \Phi_j(\omega) = \phi(2^{-j}\omega_1)\phi(2^{-j}\omega_2)$

ϕ : doit obéir à :

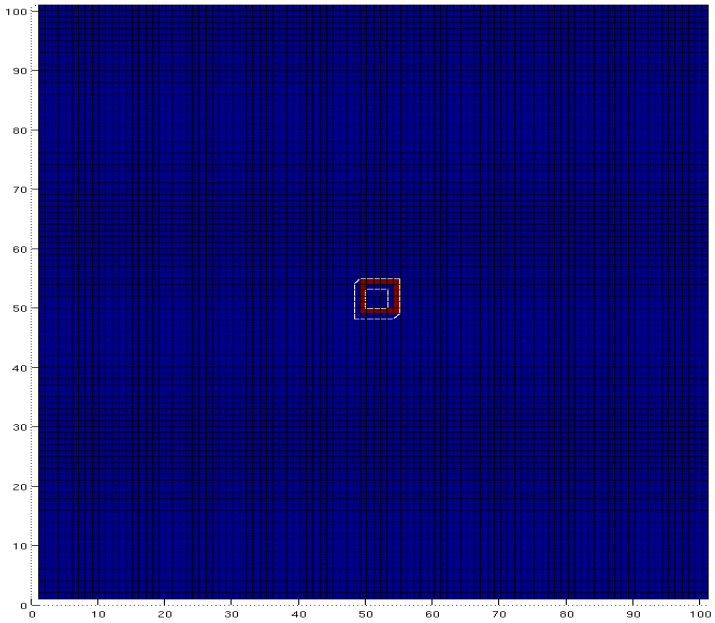
- $0 \leqslant \phi \leqslant 1$
- $\phi = 0$ sur $]-\infty, -2]$ et $[2, +\infty[$
- $\phi = 1$ sur $[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$

Théorie en 2D

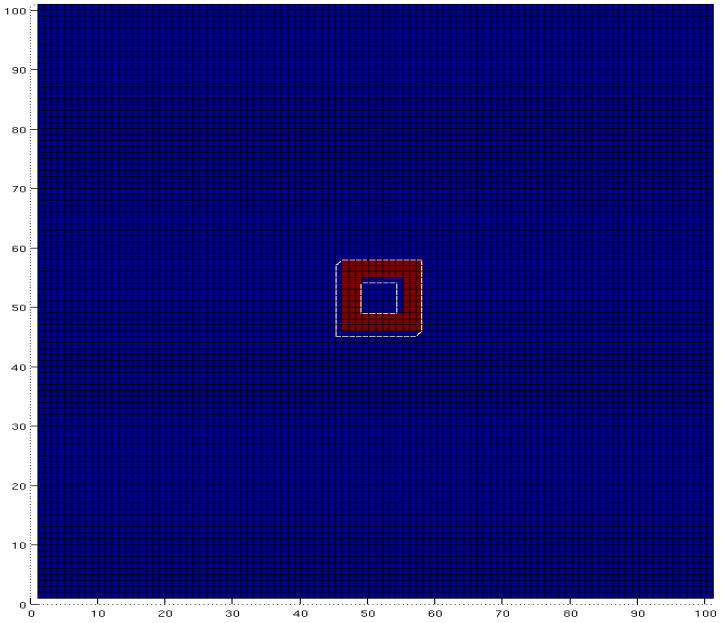
Fenêtrage radial $W_j(\omega)$

$$W_j(\omega) = \sqrt{\Phi_{j+1}^2(\omega) - \Phi_j^2(\omega)} \tag{5}$$

$W_1(\omega)$



$W_2(\omega)$



Théorie en 2D

Fenêtrage angulaire $V_j(R_{\theta_l}\omega)$

$$V_j(R_{\theta_l}\omega) = \phi\left(\frac{2^{\lfloor j/2 \rfloor}\omega_2}{\omega_1} - l - \frac{1}{2}\right) \tag{6}$$

avec $\quad l = -2^{\lfloor j/2 \rfloor}, \ldots, 2^{\lfloor j/2 \rfloor} - 1$

ϕ : doit obéir à :

- $0 \leqslant \phi \leqslant 1$
- $\phi = 0$ sur $]-\infty, -2]$ et $[2, +\infty[$
- $\phi = 1$ sur $[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$

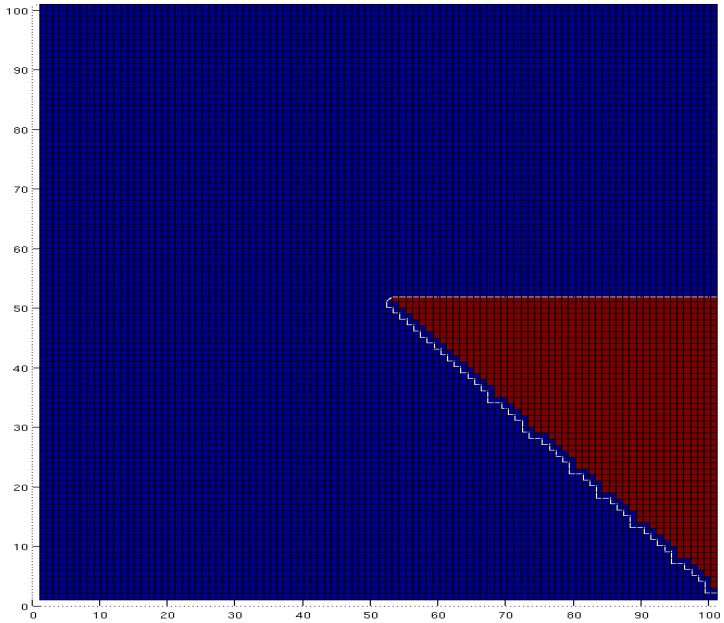
Théorie en 2D

Fenêtrage angulaire $V_j(R_{\theta_l}\omega)$

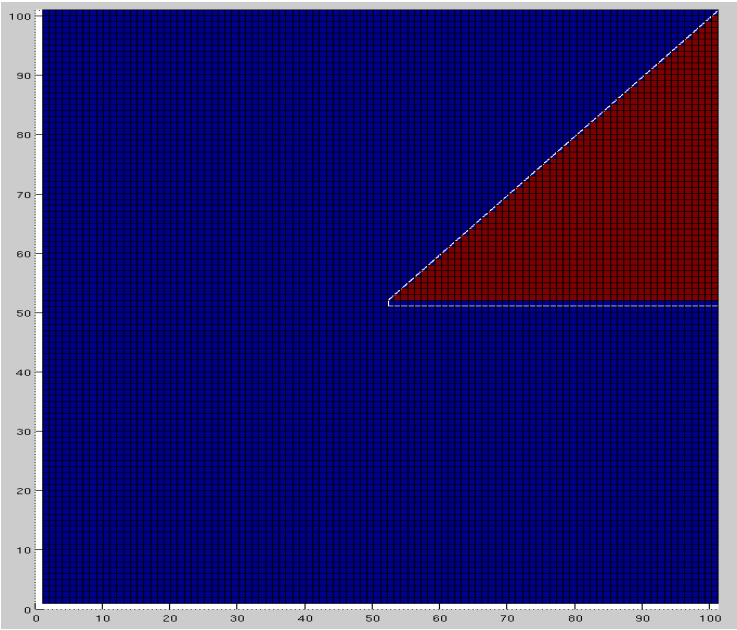
$$V_j(R_{\theta_l}\omega) = \phi\left(\frac{2^{\lfloor j/2 \rfloor}\omega_2}{\omega_1} - l - \frac{1}{2}\right) \tag{7}$$

Pour $V_1(\omega)$, et

$l = -1$



$l = 0$



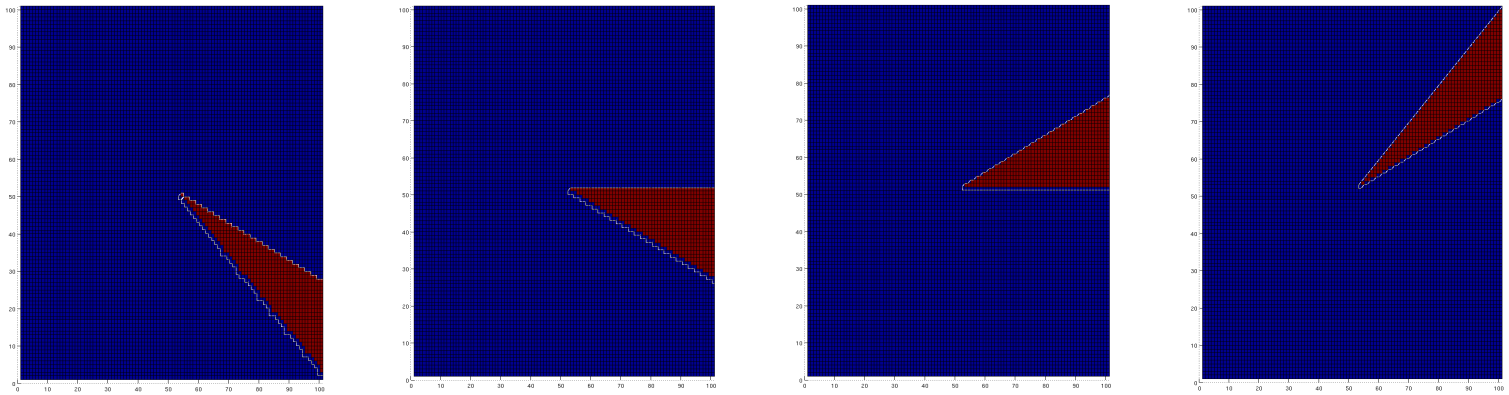
Théorie en 2D

Fenêtrage angulaire $V_j(R_{\theta_l}\omega)$

$$V_j(R_{\theta_l}\omega) = \phi\left(\frac{2^{\lfloor j/2 \rfloor}\omega_2}{\omega_1} - l - \frac{1}{2}\right) \tag{8}$$

Pour $V_1(\omega)$, et

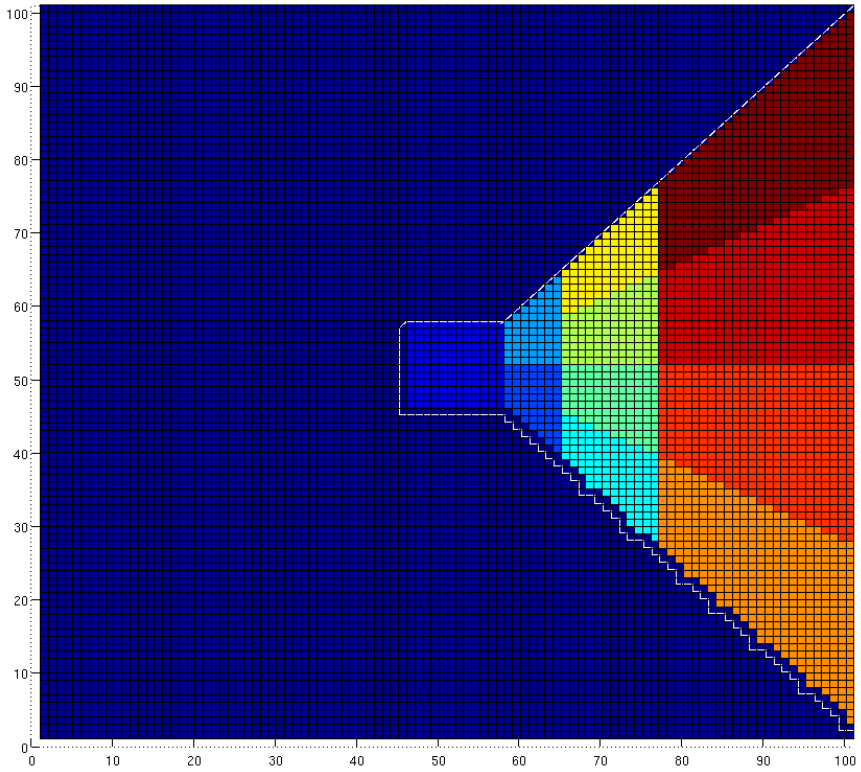
$l = -2$ $l = -1$ $l = 0$ $l = 1$



Théorie en 2D

Fenêtrage $U_{j,l}(\omega)$

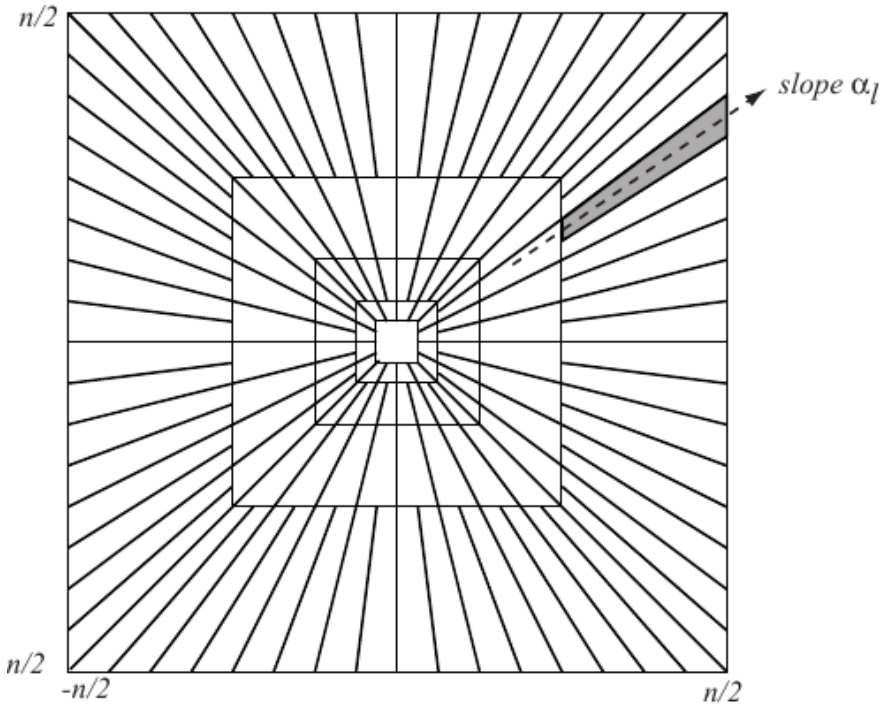
$$U_{j,l}(\omega) = W_j(\omega) V_j(R_{\theta_l}\omega) \tag{9}$$



Théorie en 2D

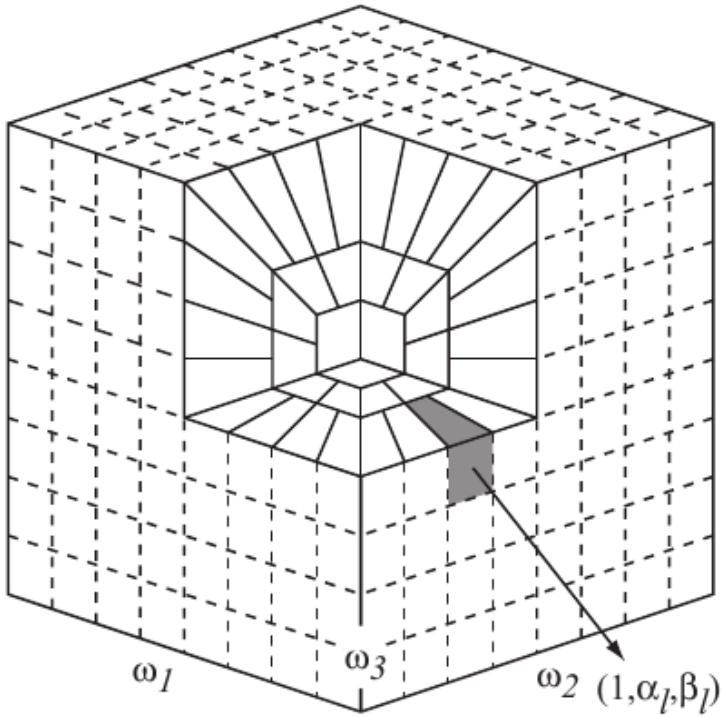
Fenêtrage $U_{j,l}(\omega)$

$$U_{j,l}(\omega) = W_j(\omega) V_j(R_{\theta_l}\omega) \tag{10}$$



(a)

La même chose en 3D



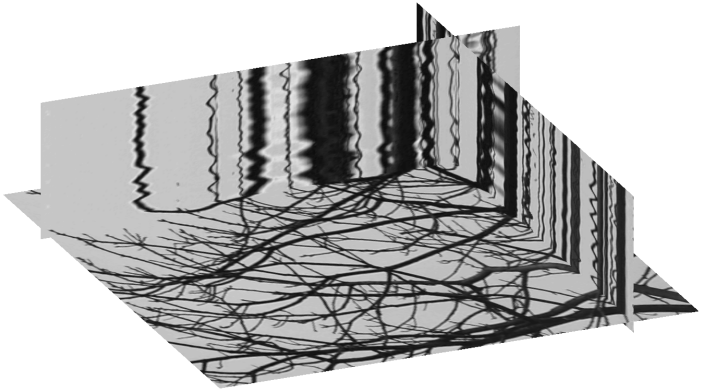
Création de vecteurs de caractéristiques

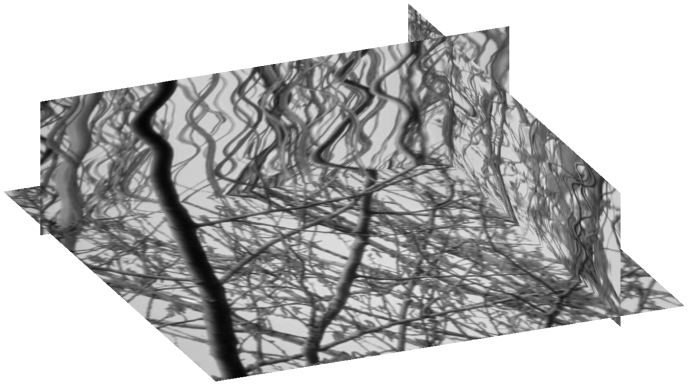
- Création des vecteurs de signatures à partir de $c(j, l, k)$
- Calcul en cours sur tous DynTex
- Classification à venir

Conclusion

Limitation de la curvelet 3D

- Non adaptative
- Signature échouant sur les changements de directions





- Passage aux ondelettes galiléennes permettant de gérer les accélérations, ...