INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES RENNES

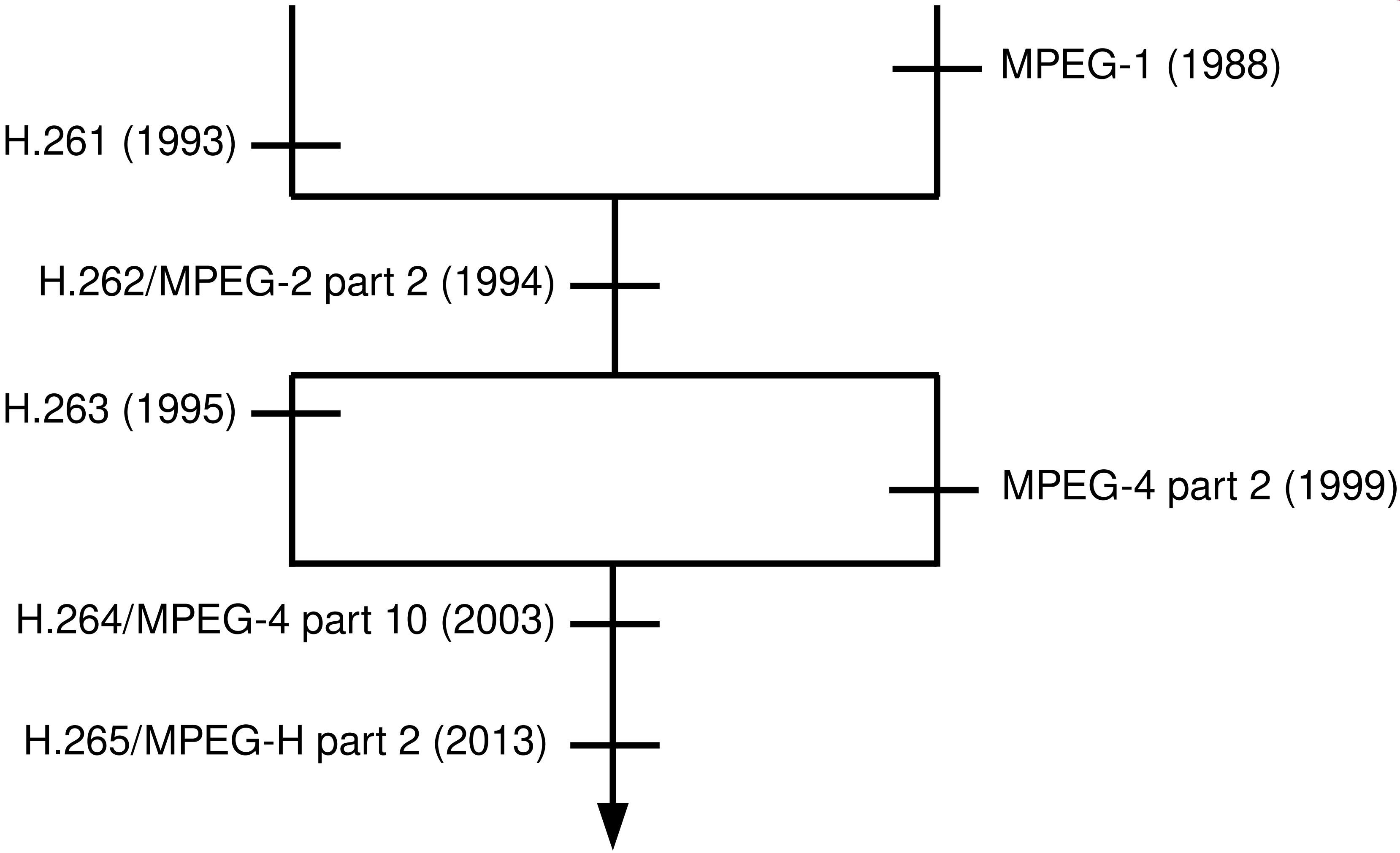
Étudiant :
Vincent GIRAUD

Tuteurs :
Pierre-Loup Cabarat
Wassim Hamidouche

Low level optimizations of the Future Video Coding inverse transforms

Programme InnovR 2017-2018
Électronique et Informatique Industrielle

SOMMAIRE



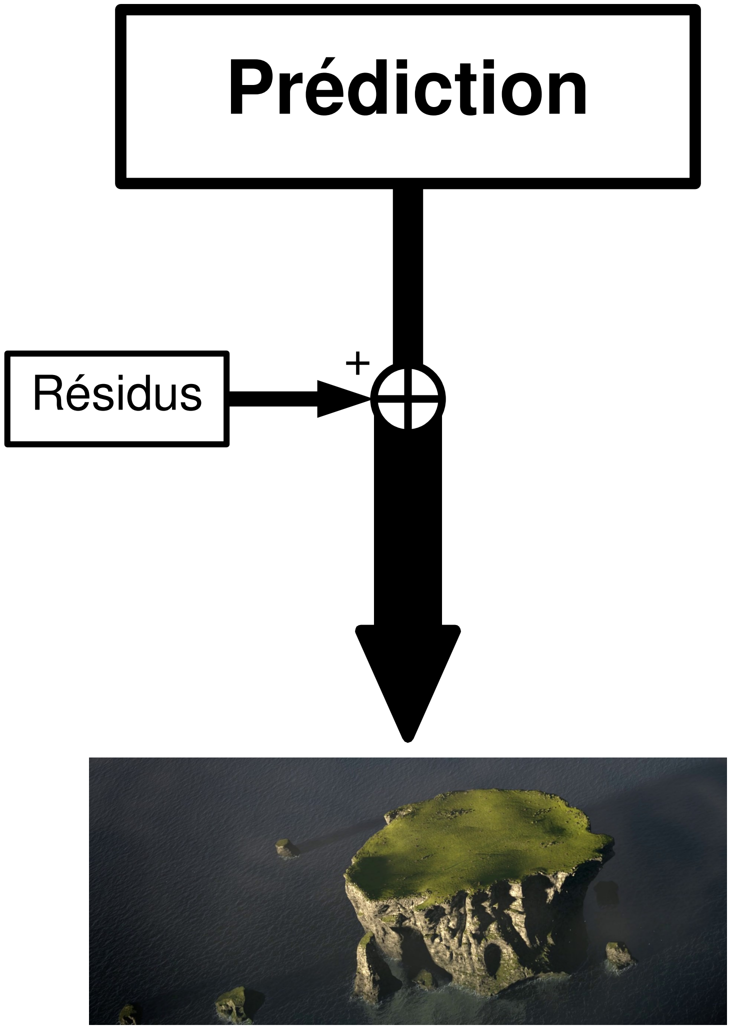
Future Video Coding (FVC) (2020 ?)

Pourquoi ?

- Des résolutions toujours plus grandes
- De nouveaux besoins pour la transmission
- De nouvelles fonctionnalités

Les résidus

La retouche finale



Comment les archiver ?

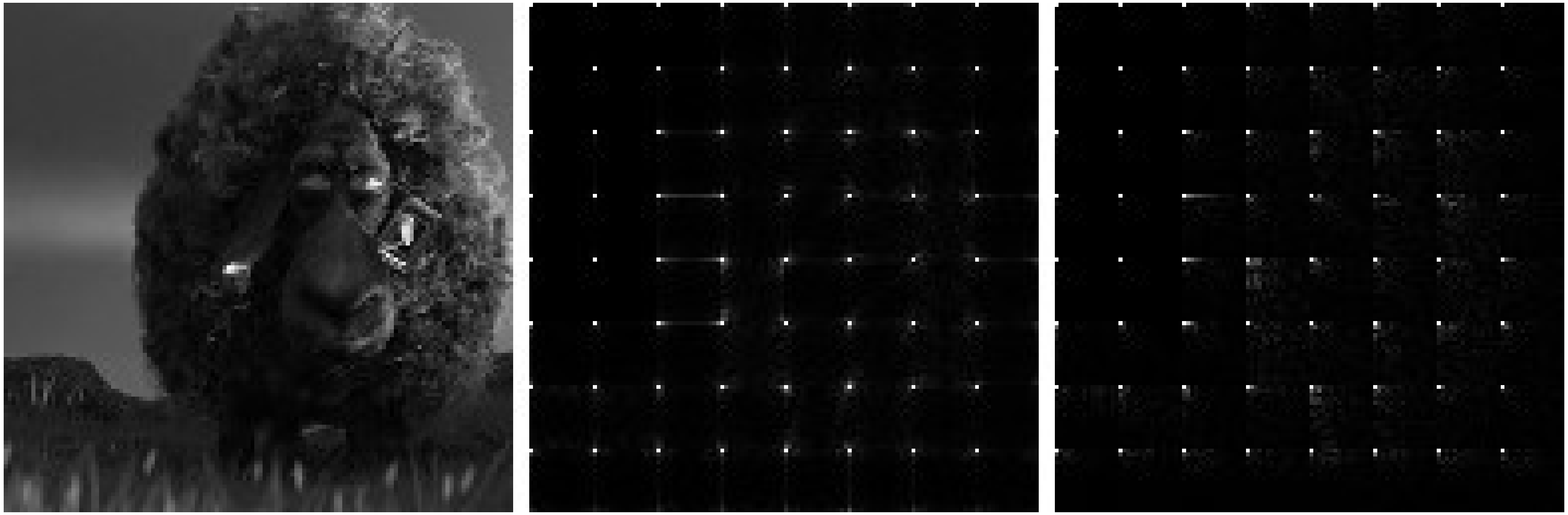
$$\begin{bmatrix} -45 & 56 & 94 & -23 \\ 67 & -97 & -8 & 23 \\ 59 & 34 & -62 & 18 \\ 4 & -12 & 79 & -21 \end{bmatrix}$$

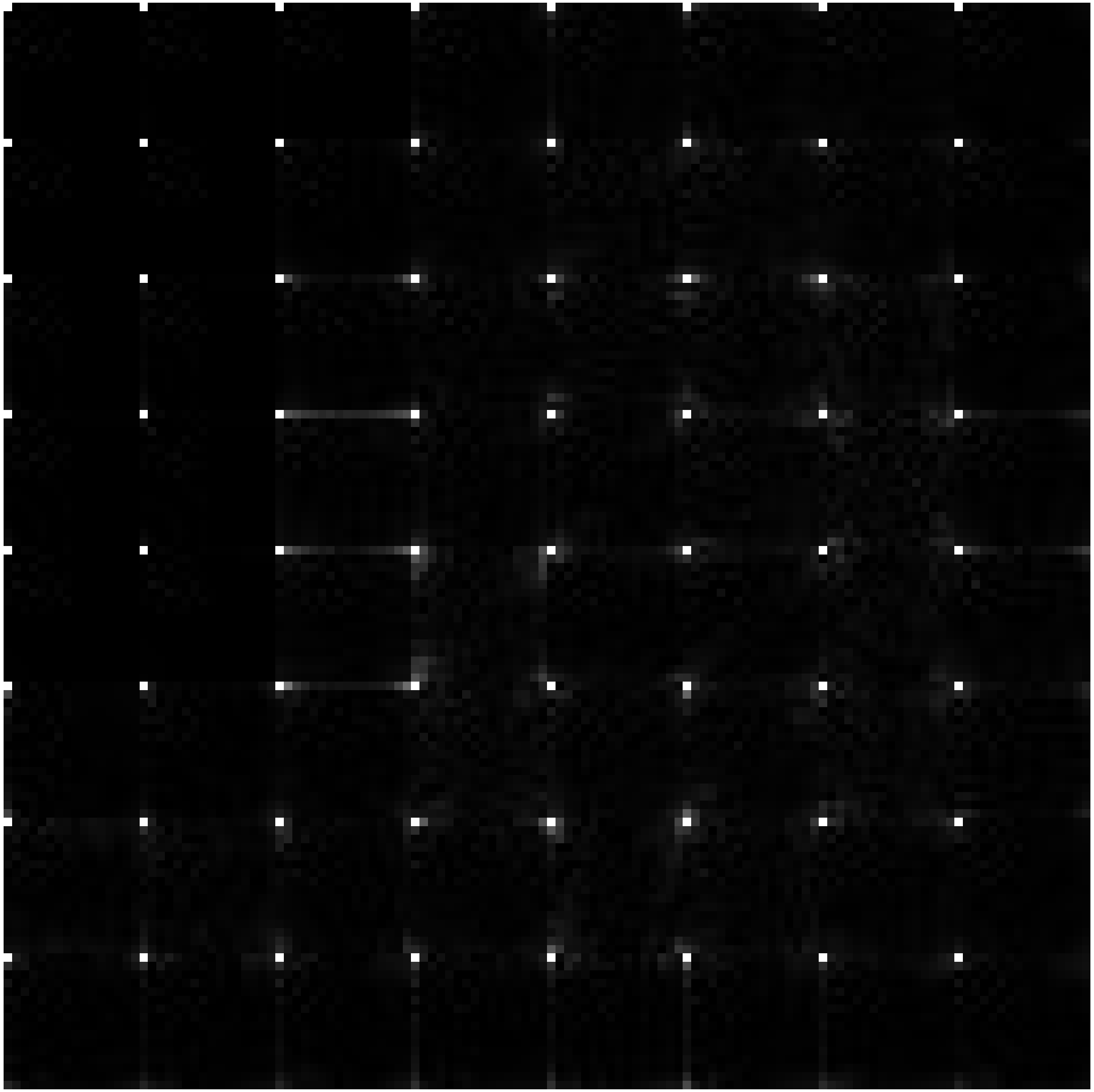
Transformée fréquentielle

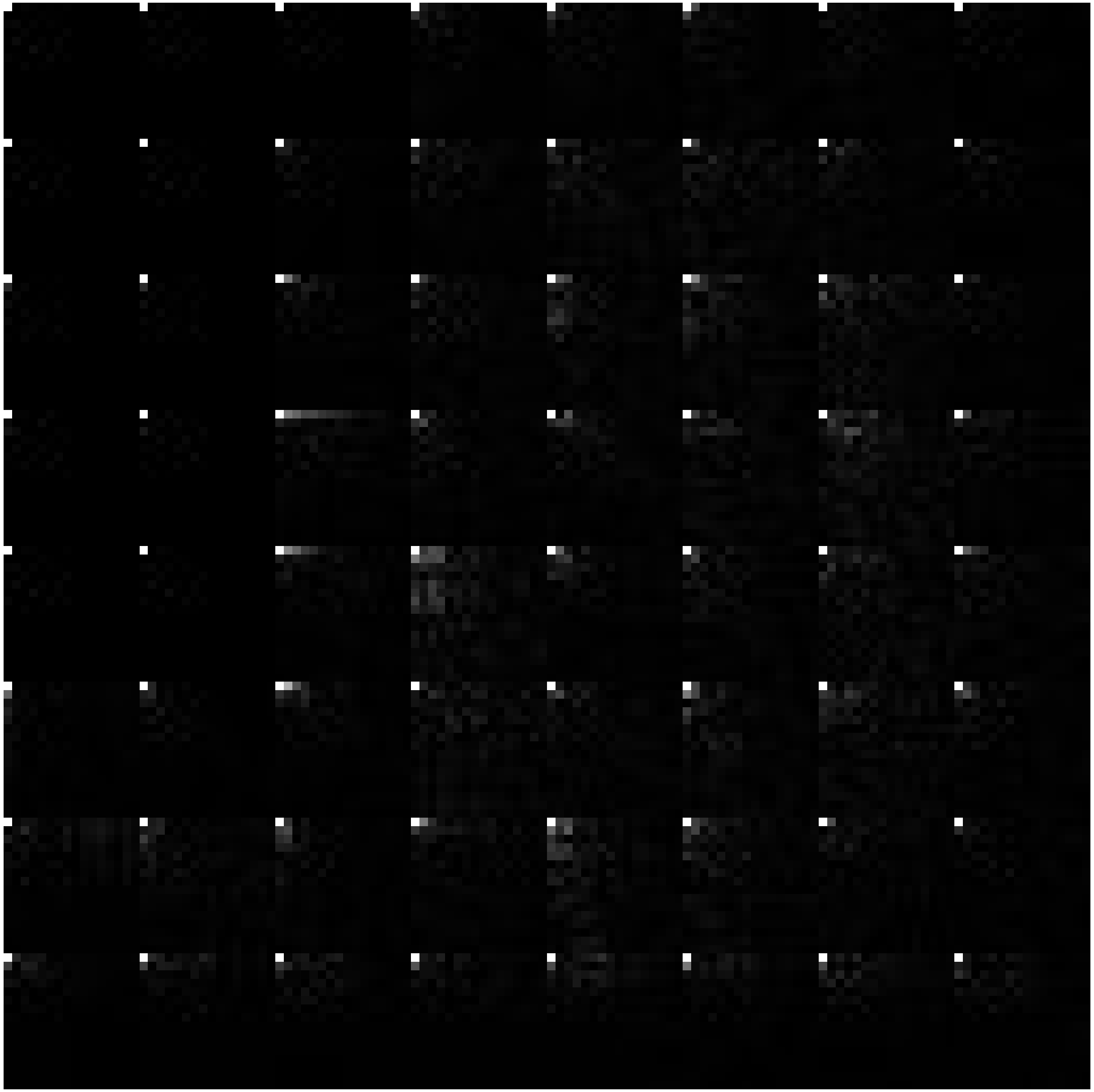
DFT

DCT

$$\begin{bmatrix} 166+0i & -18-16i & 210+0i & -18+16i \\ 33+65i & -389-87i & 71-17i & -131-213i \\ 96+0i & -18+206i & -288+0i & -18-206i \\ 33-65i & -131+213i & 71+17i & -389+87i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6,7994\times10^5 & 2,0051\times10^5 & -8,1920\times10^3 & 8,4798\times10^5 \\ 2,9383\times10^4 & -3,8839\times10^5 & -5,1762\times10^5 & 3,2697\times10^4 \\ 4,0141\times10^5 & -7,4031\times10^5 & -2,4658\times10^6 & 5,4606\times10^5 \\ 4,1344\times10^5 & 4,4230\times10^5 & -7,7869\times10^5 & -1,5122\times10^6 \end{bmatrix}$$







La quantification

$$\begin{bmatrix} -45 & 56 & 94 & -23 \\ 67 & -97 & -8 & 23 \\ 59 & 34 & -62 & 18 \\ 4 & -12 & 79 & -21 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{PAS DE 16}} \begin{bmatrix} -48 & 64 & 96 & -16 \\ 64 & -96 & -16 & 16 \\ 64 & 32 & -64 & 16 \\ 0 & -16 & 80 & -16 \end{bmatrix}$$

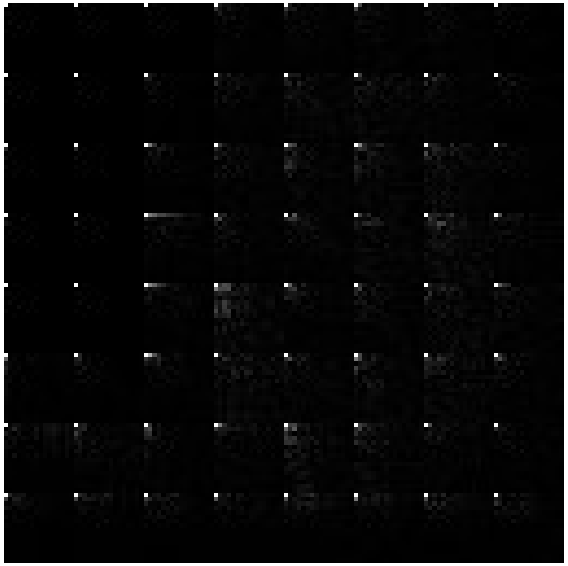
La quantification

Propriétés exploitables de la DCT

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n . \cos(\frac{\pi}{N}.[n+\frac{1}{2}].k)$$

$$\begin{bmatrix}
64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 \\
90 & 87 & 80 & 70 & 57 & 43 & 26 & 9 & -9 & -26 & -43 & -57 & -70 & -80 & -87 & -90 \\
89 & 75 & 50 & 18 & -18 & -50 & -75 & -89 & -89 & -75 & -50 & -18 & 18 & 50 & 75 & 89 \\
87 & 57 & 9 & -43 & -80 & -90 & -70 & -26 & 26 & 70 & 90 & 80 & 43 & -9 & -57 & -87 \\
84 & 35 & -35 & -84 & -84 & -35 & 35 & 84 & 84 & 35 & -35 & -84 & -84 & -35 & 35 & 84 \\
80 & 9 & -70 & -87 & -26 & 57 & 90 & 43 & -43 & -90 & -57 & 26 & 87 & 70 & -9 & -80 \\
75 & -18 & -89 & -50 & 50 & 89 & 18 & -75 & -75 & 18 & 89 & 50 & -50 & -89 & -18 & 75 \\
70 & -43 & -87 & 9 & 90 & 26 & -80 & -57 & 57 & 80 & -26 & -90 & -9 & 87 & 43 & -70 \\
64 & -64 & -64 & 64 & 64 & -64 & -64 & 64 & 64 & -64 & -64 & 64 & 64 & -64 & -64 & 64 \\
57 & -80 & -26 & 90 & -9 & -87 & 43 & 70 & -70 & -43 & 87 & 9 & -90 & 26 & 80 & -57 \\
50 & -89 & 18 & 75 & -75 & -18 & 89 & -50 & -50 & 89 & -18 & -75 & 75 & 18 & -89 & 50 \\
43 & -90 & 57 & 26 & -87 & 70 & 9 & -80 & 80 & -9 & -70 & 87 & -26 & -57 & 90 & -43 \\
35 & -84 & 84 & -35 & -35 & 84 & -84 & 35 & 35 & -84 & 84 & -35 & -35 & 84 & -84 & 35 \\
26 & -70 & 90 & -80 & 43 & 9 & -57 & 87 & -87 & 57 & -9 & -43 & 80 & -90 & 70 & -26 \\
18 & -50 & 75 & -89 & 89 & -75 & 50 & -18 & -18 & 50 & -75 & 89 & -89 & 75 & -50 & 18 \\
9 & -26 & 43 & -57 & 70 & -80 & 87 & -90 & 90 & -87 & 80 & -70 & 57 & -43 & 26 & -9
\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
64 & 64 & 64 & 64 \\
84 & 35 & -35 & -84 \\
64 & -64 & -64 & 64 \\
35 & -84 & 84 & -35
\end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix}
22 & 22 & 20 & 18 & 22 & 20 & 24 & 26 & 24 & 23 & 20 & 24 & 34 & 43 & 39 & 29\\
21 & 19 & 18 & 25 & 25 & 19 & 24 & 25 & 25 & 26 & 35 & 37 & 44 & 43 & 33 & 31\\
26 & 25 & 24 & 29 & 31 & 22 & 23 & 24 & 25 & 23 & 22 & 51 & 51 & 37 & 31 & 30\\
33 & 29 & 30 & 31 & 36 & 32 & 33 & 29 & 27 & 30 & 33 & 46 & 41 & 36 & 31 & 29\\
37 & 27 & 31 & 31 & 39 & 60 & 38 & 31 & 31 & 34 & 45 & 50 & 29 & 31 & 34 & 37\\
41 & 31 & 37 & 32 & 74 & 74 & 44 & 34 & 32 & 43 & 46 & 45 & 29 & 25 & 33 & 39\\
53 & 34 & 40 & 52 & 87 & 81 & 47 & 36 & 37 & 48 & 45 & 31 & 31 & 31 & 38 & 41\\
72 & 40 & 39 & 76 & 94 & 82 & 38 & 33 & 37 & 50 & 40 & 38 & 33 & 39 & 41 & 43\\
79 & 42 & 52 & 90 & 96 & 62 & 35 & 33 & 43 & 48 & 39 & 34 & 36 & 40 & 41 & 48\\
80 & 44 & 58 & 84 & 83 & 40 & 41 & 45 & 48 & 41 & 36 & 36 & 40 & 41 & 43 & 44\\
68 & 45 & 51 & 74 & 58 & 38 & 45 & 45 & 43 & 39 & 37 & 37 & 41 & 44 & 41 & 41\\
62 & 44 & 41 & 53 & 40 & 38 & 51 & 50 & 41 & 39 & 41 & 40 & 44 & 39 & 41 & 39\\
46 & 39 & 37 & 37 & 38 & 41 & 48 & 48 & 41 & 40 & 40 & 41 & 43 & 37 & 38 & 38\\
42 & 39 & 39 & 39 & 43 & 46 & 47 & 39 & 39 & 37 & 43 & 43 & 41 & 36 & 34 & 42\\
42 & 39 & 40 & 44 & 48 & 47 & 45 & 38 & 36 & 40 & 40 & 40 & 40 & 37 & 32 & 27\\
44 & 38 & 46 & 53 & 50 & 48 & 43 & 39 & 38 & 41 & 39 & 38 & 41 & 39 & 36 & 43
\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
255 & 17 & 2 & 11 & 14 & 2 & 14 & 14 & 12 & 5 & 3 & 1 & 1 & 2 & 3 & 0\\
29 & 16 & 1 & 0 & 5 & 3 & 2 & 1 & 2 & 4 & 5 & 1 & 0 & 1 & 2 & 1\\
37 & 28 & 2 & 12 & 5 & 9 & 15 & 16 & 8 & 4 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 1\\
3 & 3 & 11 & 7 & 6 & 1 & 16 & 0 & 7 & 8 & 5 & 2 & 4 & 3 & 1 & 2\\
9 & 10 & 5 & 9 & 6 & 8 & 2 & 14 & 4 & 1 & 2 & 2 & 1 & 1 & 0 & 0\\
4 & 3 & 8 & 5 & 4 & 4 & 8 & 1 & 8 & 4 & 3 & 1 & 2 & 2 & 1 & 0\\
0 & 0 & 2 & 2 & 5 & 0 & 1 & 2 & 4 & 2 & 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 1\\
1 & 2 & 0 & 0 & 1 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 0 & 2 & 1\\
0 & 0 & 2 & 0 & 3 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & 3\\
1 & 2 & 1 & 0 & 0 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1\\
0 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 3 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2\\
1 & 3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1\\
0 & 0 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1\\
1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 2\\
1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 2 & 1 & 1 & 1 & 0\\
1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0
\end{bmatrix}
\quad
\begin{bmatrix}
256 & 16 & 0 & 8 & 16 & 0 & 16 & 16 & 16 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
32 & 16 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
40 & 32 & 0 & 16 & 8 & 8 & 16 & 16 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 8 & 8 & 8 & 0 & 16 & 0 & 8 & 8 & 8 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0\\
8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 0 & 16 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
8 & 0 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 0 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{bmatrix}$$

Déroulage de boucle

```
int var = 0;

for(int i = 0 ; i < 4 ; ++i)
{
    var += i;
}
```

```
int var = 0;

for(int i = 0 ; i < 4 ; i += 2)
{
    var += i;
    var += i + 1;
}
```

Attention aux caches !

Single Instruction on Multiple Data (SIMD)

3DNow!™

7

\+

4

=

11

7	2	-3	0

\+

4	-5	-8	6

=

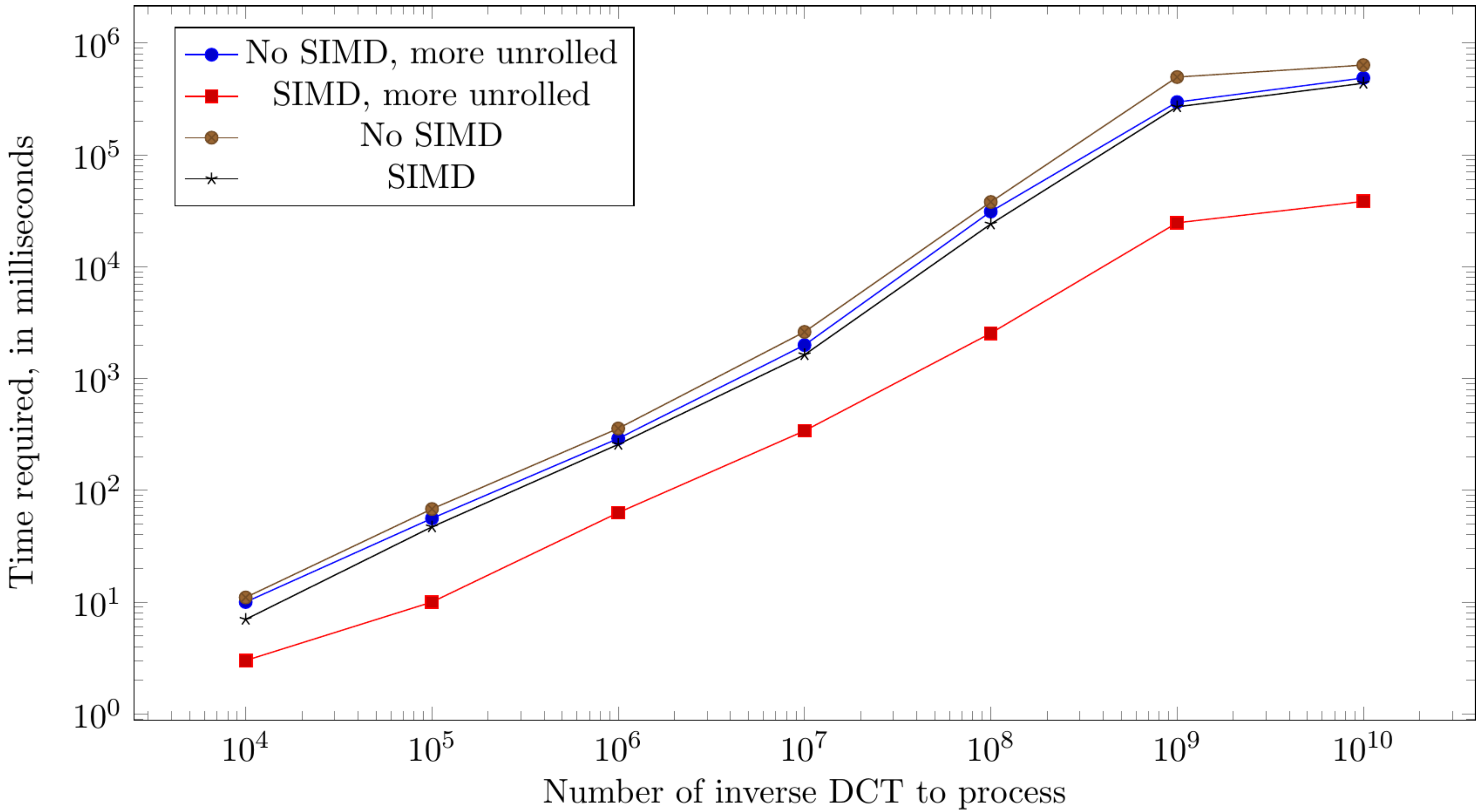
11	-3	-11	6

Expérience
Impact des différentes optimisations

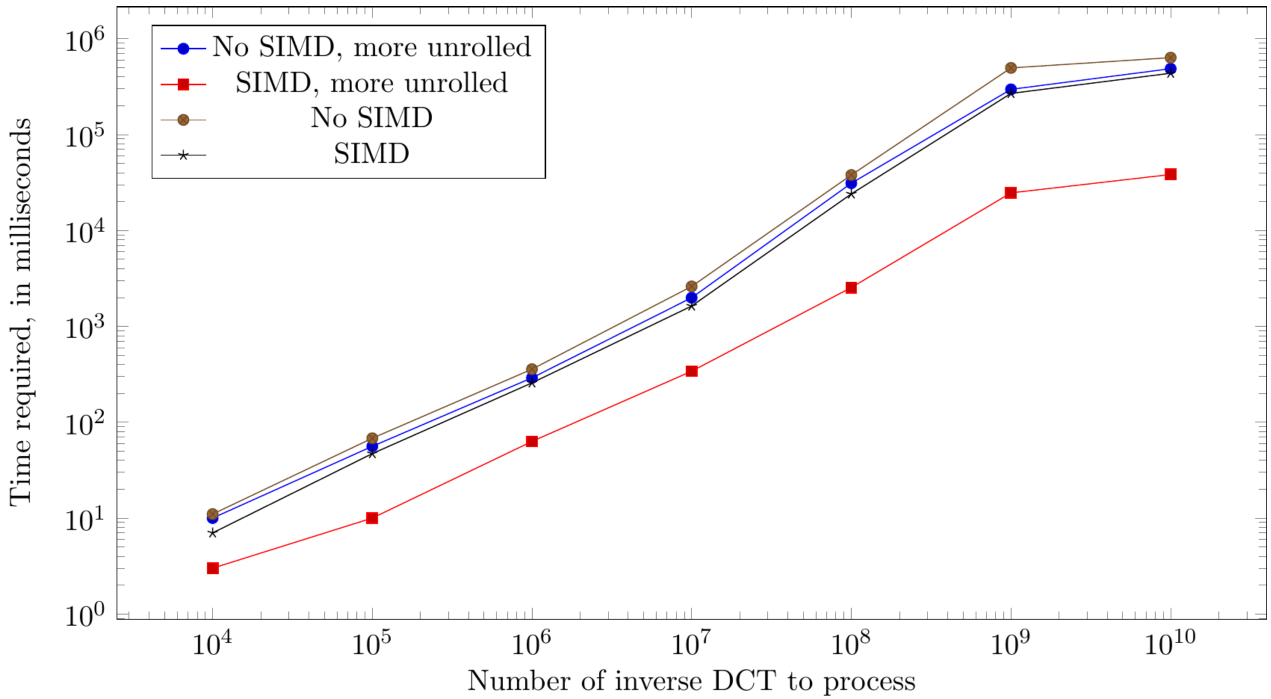
Non optimisée	SIMD	Déroulée	SIMD + Déroulée

$$\begin{bmatrix} 22 & 22 & 20 & 18 & 22 & 20 & 24 & 26 \\ 21 & 19 & 18 & 25 & 25 & 19 & 24 & 25 \\ 26 & 25 & 24 & 29 & 31 & 22 & 23 & 24 \\ 33 & 29 & 30 & 31 & 36 & 32 & 33 & 29 \\ 37 & 27 & 31 & 31 & 39 & 60 & 38 & 31 \\ 41 & 31 & 37 & 32 & 74 & 74 & 44 & 34 \\ 53 & 34 & 40 & 52 & 87 & 81 & 47 & 36 \\ 72 & 40 & 39 & 76 & 94 & 82 & 38 & 33 \end{bmatrix}$$

Expérience
Résultats



Conclusion



Ces axes de recherche sont crédibles pour le développement de *FVC* et ses applications