

# Générateur de filtres numériques RIF

## *Presentation*

Stagiaire : Ludovic Noury

Encadrants : Habib Mehrez, Hassan Aboushady

Remerciements : Roselyne Avot, Yannick Dumonteix, Francois Durbin

`ludovic.noury@asim.lip6.fr`

ASIM/LIP6

# Objectif

Concevoir un générateur de filtres numériques à Réponse Impulsionnelle Finie (RIF).

À partir des coefficients déterminant le filtre le générateur crée la netlist correspondante.

Le filtre généré n'est pas reconfigurable, les coefficients sont fixés à la génération.

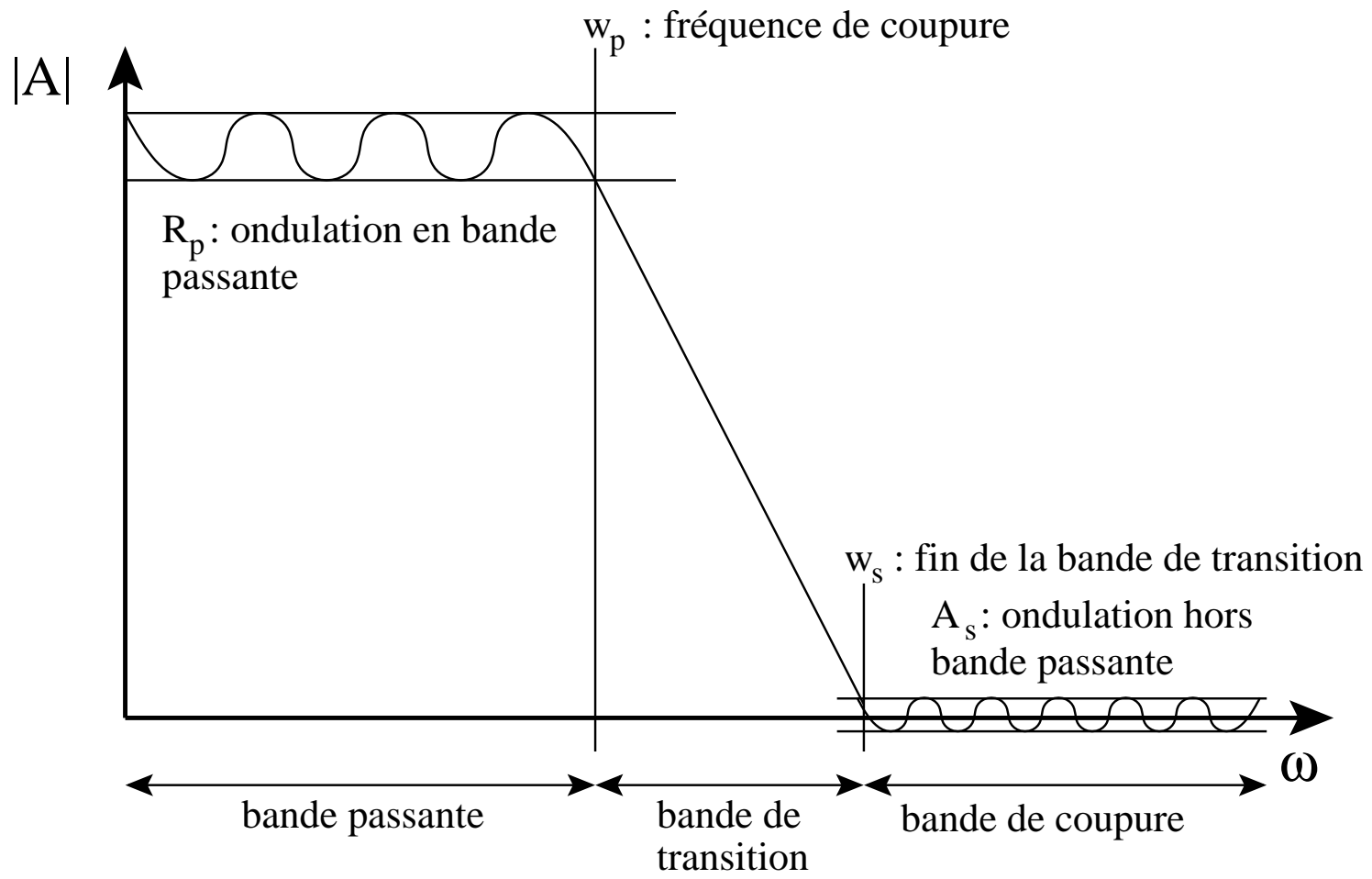
# Plan

- Environnement de développement
- Filtre RIF - Structures de filtres RIF
- Constats
- Solutions optimisées
- Étude de la dynamique
- Paramètres du générateur
- Méthodologie de validation
- Validation
- Conclusion & perspectives

# Environnement de développement

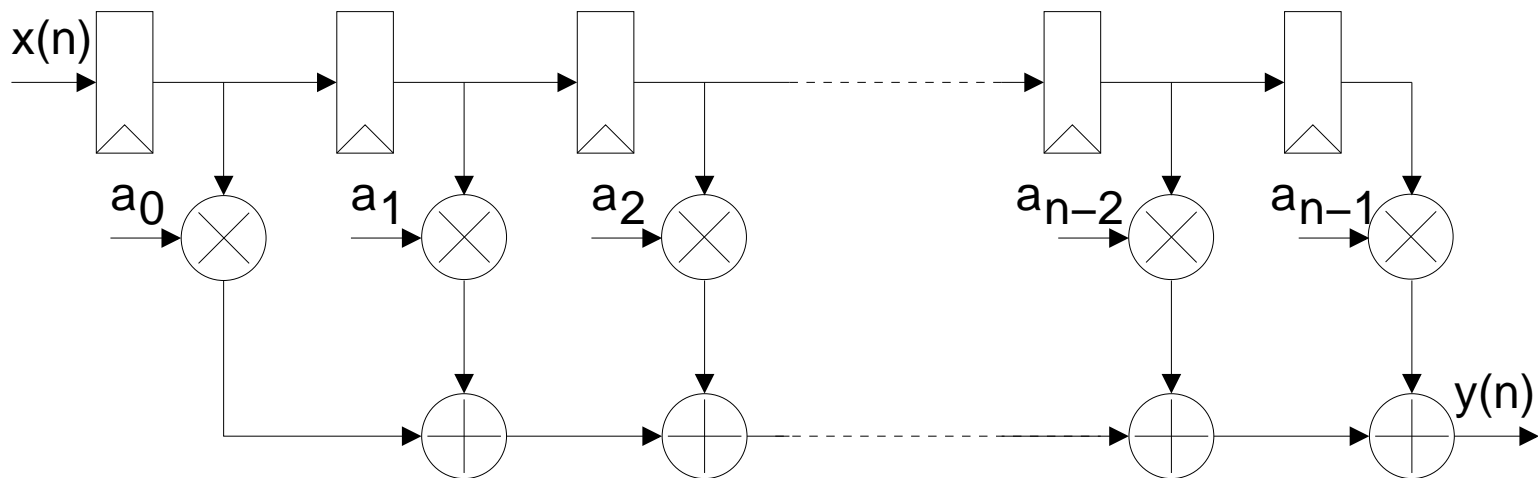
- *Alliance,*
- *Genoptim,*
- *Outils GNU,*
- *Matlab,*
- *SystemC,*
- *Tas.*

# Gabarit



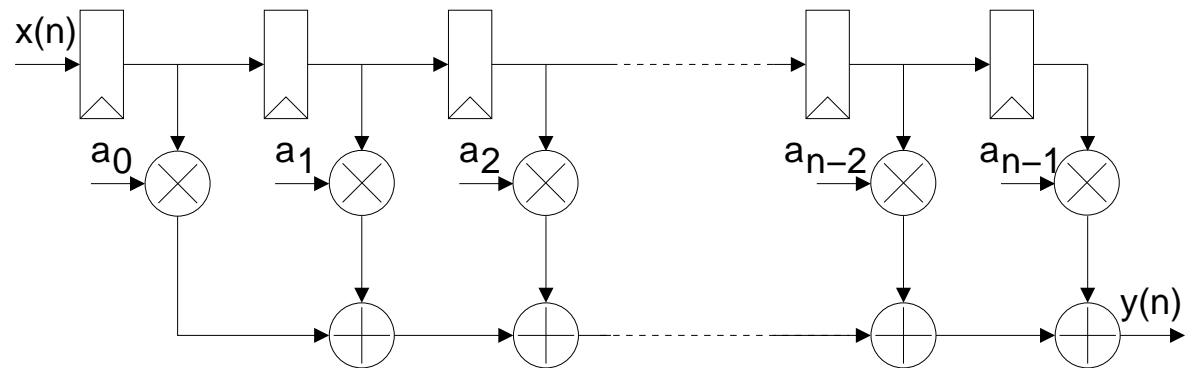
# Filtre RIF

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i x(n - i - 1)$$

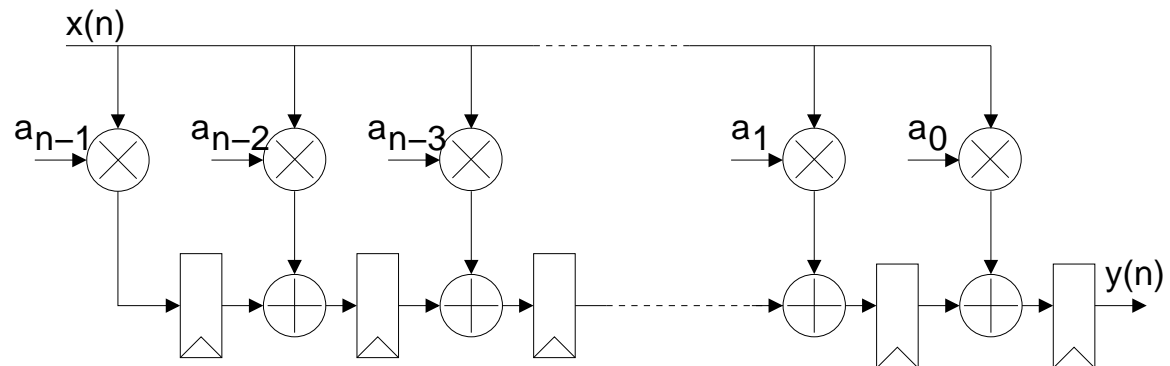


# Structures de filtres

Structure  
directe :



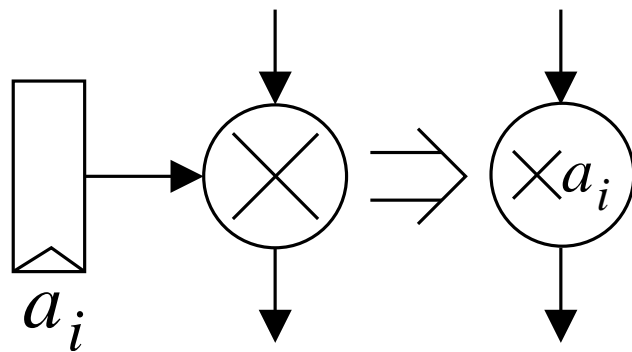
Structure  
transposée :



On sélectionne la structure directe (conso & optimisations).

# Constat : multiplication (1/2)

1er constat : multiplication par des constantes



- Idée :  
Remplacer les multiplieurs complet par des multiplieurs par constante.



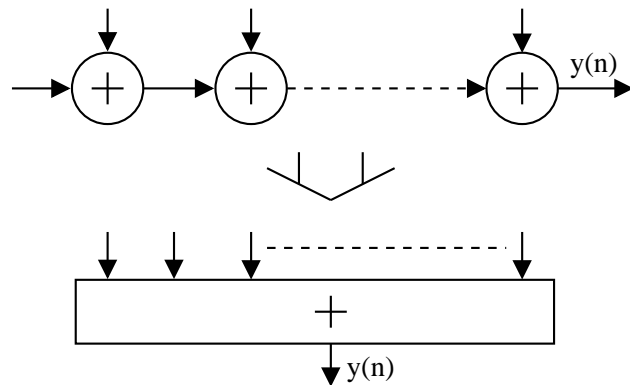
# Constat : multiplication (2/2)

Constante	Surface $\mu M^2$		Délai $ns$		Consommation $\mu W/Mhz$	
Multiplieur classique	158 642	réf.	4.77	réf.	139	réf
0.707 107	36 939	77%	3.00	37%	29	79%
0.92 388	25 836	84%	2.21	54%	21	85%
0.382 683	18 417	88%	1.53	68%	13	91%
0.980 785	16 838	89%	1.61	66%	14	90%
0.83 147	46 387	71%	3.29	31%	35	75%
0.55 557	24 530	85%	1.93	60%	17	88%
0.19 509	16 811	89%	1.55	68%	12	91%

Figure 1: Performances comparées d'un multiplieur complet avec un multiplieur par constante avec encodage en base multiple (application sur la DCT).

# Constat : sommation

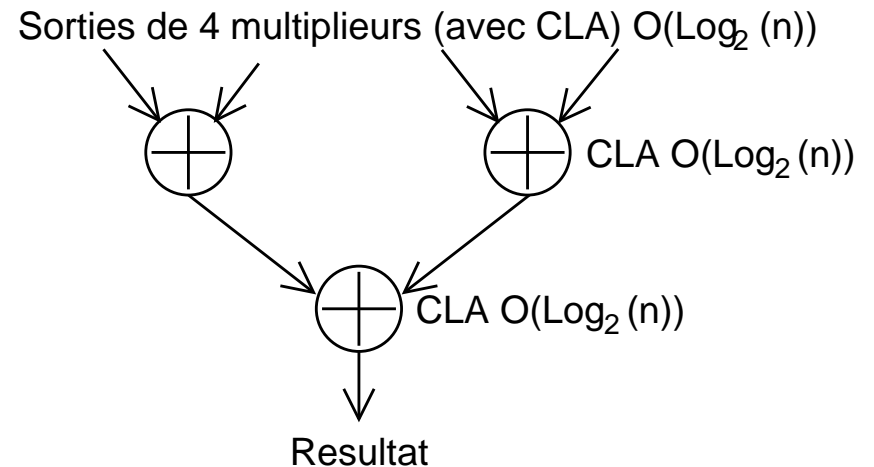
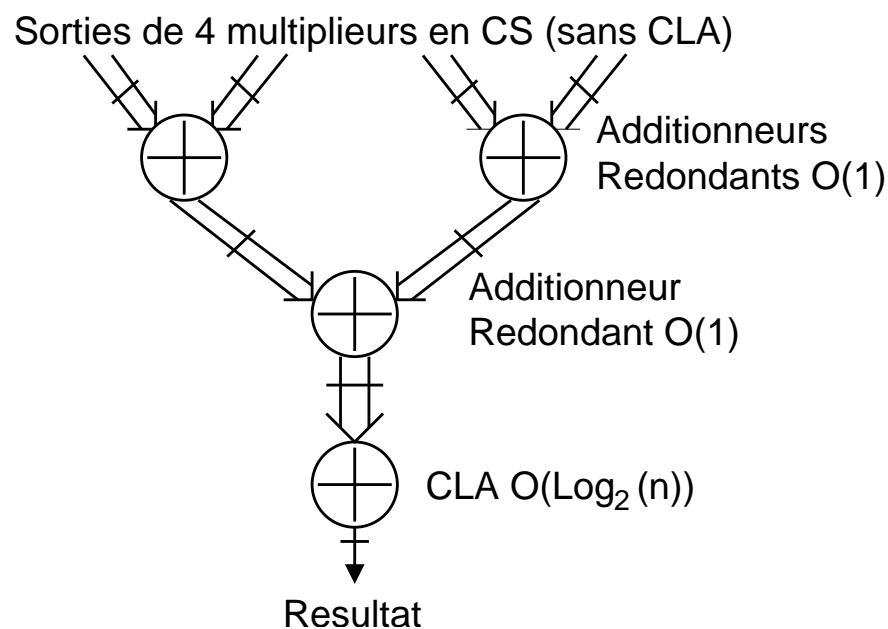
2ème constat : plusieurs additions



- Idée :  
Remplacer l'ensemble des additionneurs par un seul opérateur de sommation.  
⇒ Arithmétique redondante ou arbres de Wallace.

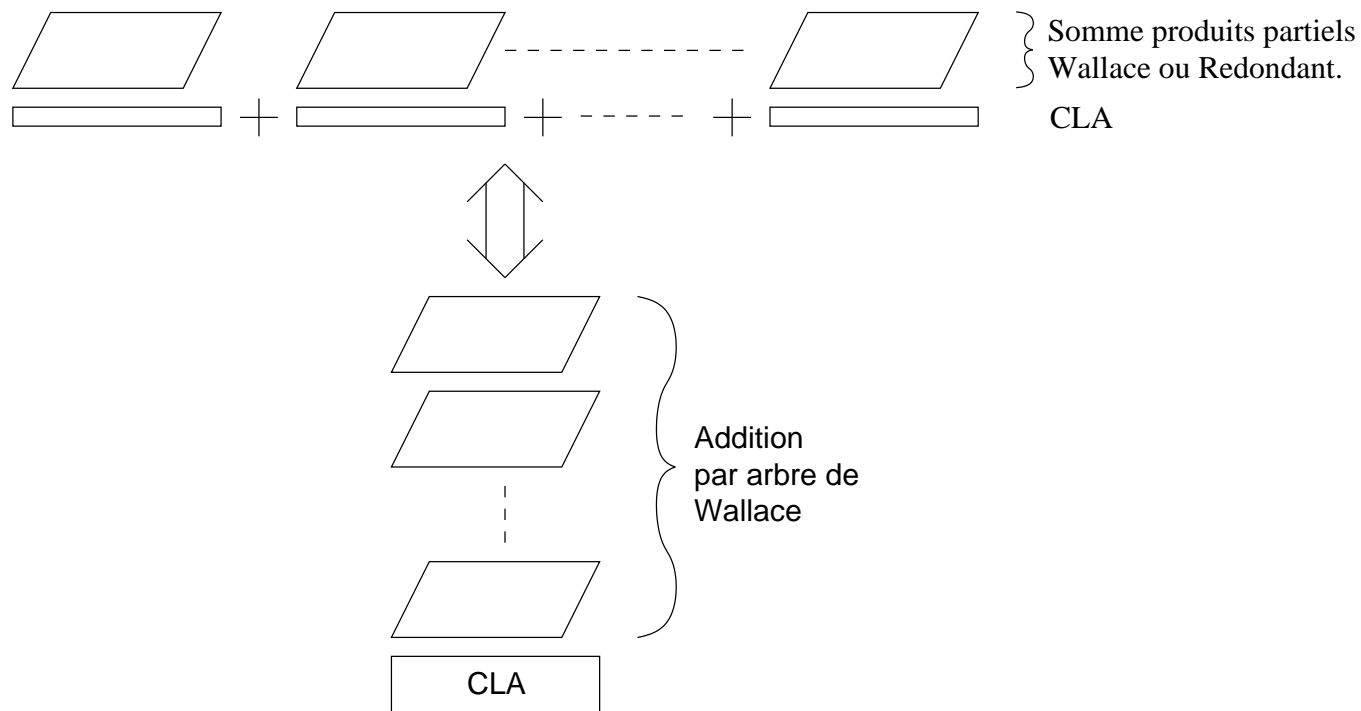
# Solutions optimisées : redondante

Comparaison sans et avec arithmétique redondante :



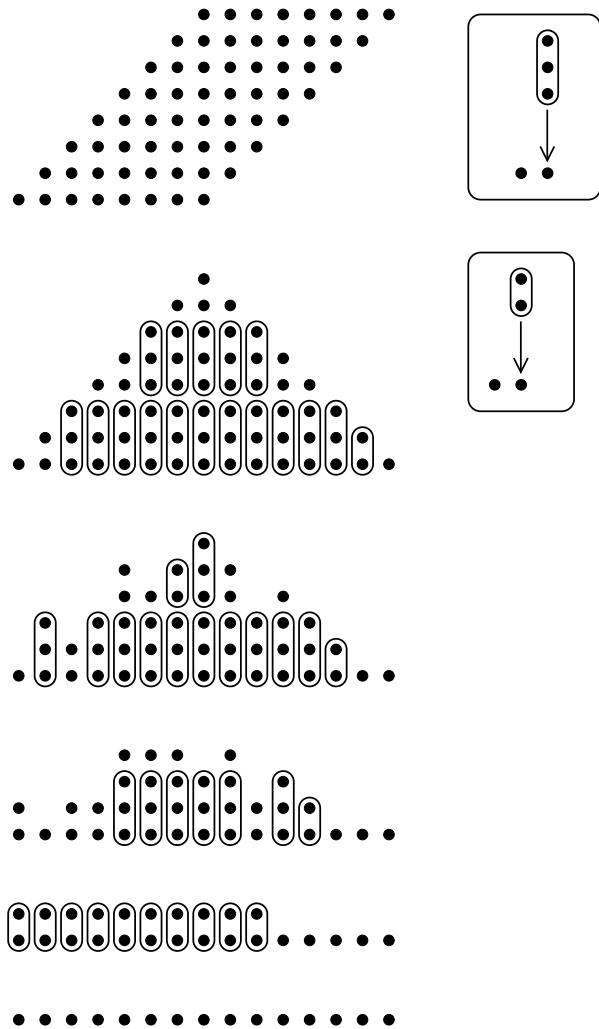
# Solutions optimisées : Wallace (1/2)

Avec arbres de Wallace :



On choisit cette solution.

# Solutions optimisées : Wallace (2/2)



- l'utilisation de l'algorithme de Dadda assure une complexité en  $O(\log_{3/2}(N))$ .

- $u_0 = 2; u_{n+1} = \left\lfloor \frac{3}{2}u_n \right\rfloor$

- Soit la suite :

$$u_0 = 2, u_1 = 3, u_2 = 4, u_3 = 6, u_4 = 9, u_5 = 13, \dots$$

# Étude de la dynamique (1/2)

1. Entrée sur  $t_x$  bits.
2. Sortie mutliplieurs sur au plus  
 $t_{mul} = t_x + t_c - 1$  bits.
3. Sortie arbre de Wallace sur  $t_{mul} + \log_2(N)$   
(Erreur : pas extension signe jusqu'au msb :  
 $t_{mul} + \log_2(N) - 1$ ).
4. Après extension de signe sur la taille sortie  
max, on obtient :  $t_{mul} + 2\log_2(N)$ .

# Étude de la dynamique (2/2)

- Coefficients dans  $] - 1; 1[$
- Échantillon max :  $x_{max} = \text{pow}(2, t_x - 1) - 1$
- Tailles maximales de sortie :

$$y_{min} = x_{max} \cdot \sum_{a_i < 0} a_i \quad y_{max} = x_{max} \cdot \sum_{a_i > 0} a_i$$

- $\Rightarrow$  Extension de signe jusqu'à  $ty_{max}$ .
- $\Rightarrow$  Interdiction de toute croissance dans arbre de Wallace.

# Méthode de Fadavi-Ardekani

Sommutation à effectuer

$$\begin{array}{r}
 \phantom{0000}10010 \\
 \phantom{000}01011 \\
 \phantom{00}10100 \\
 01110 \\
 \hline
 \end{array}$$

Solution avec extention de signe :

$$\begin{array}{r}
 11111110010 \\
 000001011 \\
 1110100 \\
 01110 \\
 \hline
 01011011110
 \end{array}$$

Solution avec la méthode de Fadavi-Ardekani

Calcul de la constante de signe :

$$\begin{array}{r}
 111111XX XX \\
 11111XX XX \\
 111XXX X \\
 1XXX X \\
 \hline
 01010110000
 \end{array}$$

Ajout de la constante de signe  
et inversion des bits de signe :

$$\begin{array}{r}
 \phantom{000}00010 \\
 \phantom{00}11011 \\
 \phantom{0}00100 \\
 11110 \\
 \hline
 01010110000 \\
 \hline
 01111011110
 \end{array}$$



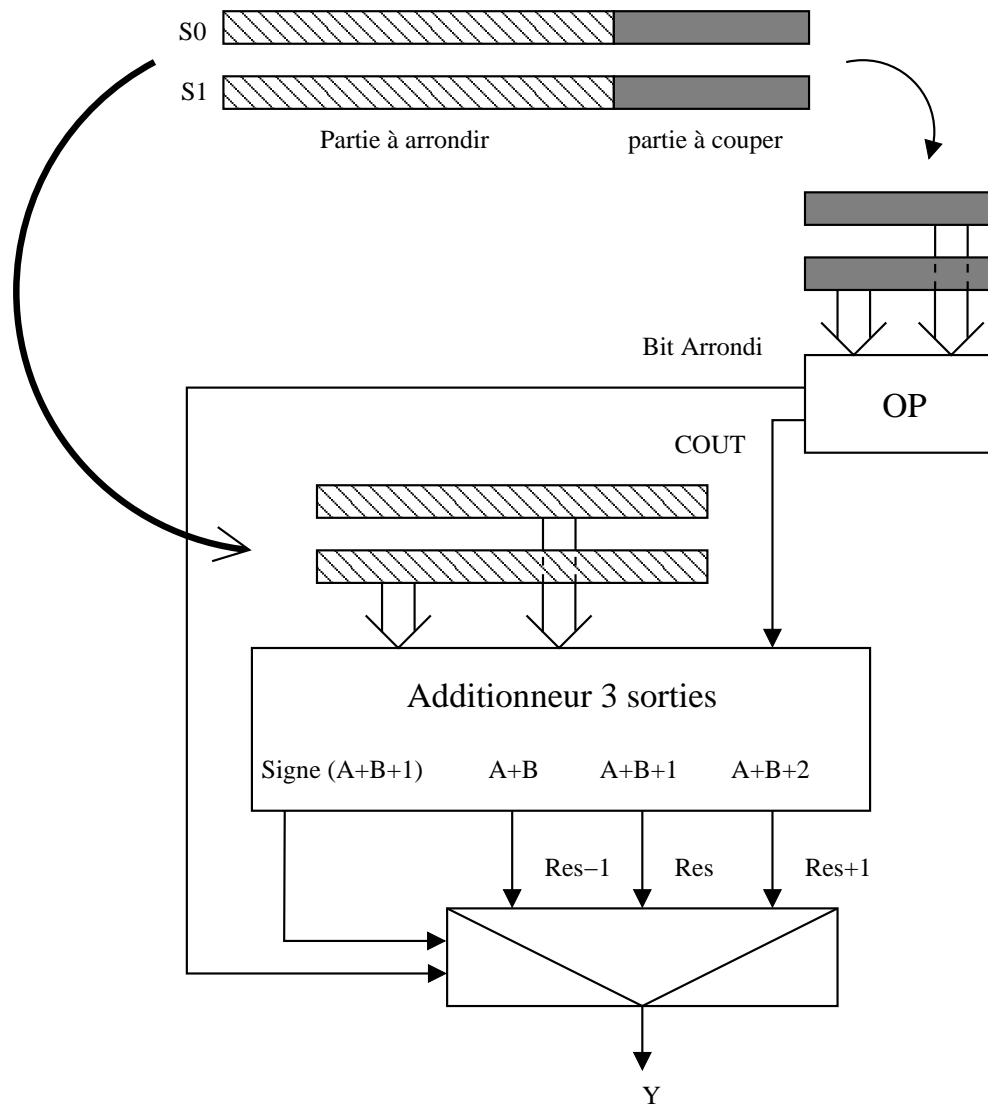
# Arrondi du résultat (1/3)

- $t_{yf}$  : taille de la partie fractionnaire de la sortie.
- L'arrondi dépend du bit de signe  $b_s$  et du MSB de la partie à couper  $b_a$ . Avec  $r_g$  la partie du résultat à arrondir on a :
  - $b_s = 0, b_a = 0$  : on garde  $r_g$ ,
  - $b_s = 0, b_a = 1$  : on doit arrondir à  $r_g + 1$ ,
  - $b_s = 1, b_a = 0$  : on garde  $r_g$ ,
  - $b_s = 1, b_a = 1$  : on doit arrondir à  $r_g - 1$ .

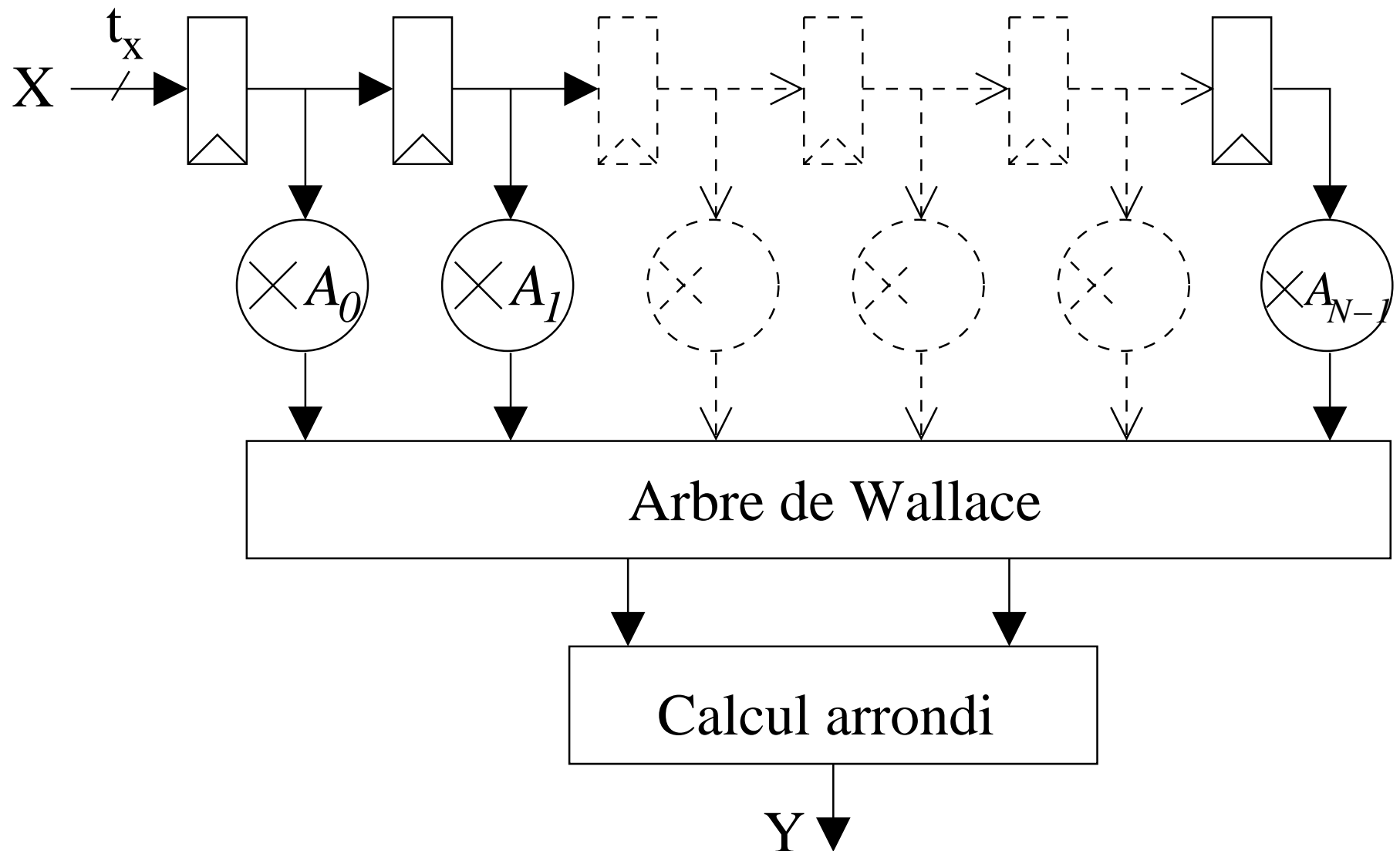
## Arrondi du résultat (2/3)

- Il existe un additionneur 3 sorties qui rend  $A+B$ ,  $A+B+1$  et  $A+B+2$ ,
- On enleve 1 (décalé) à la constante de Fadavi  
 $\Rightarrow$  on obtient en sortie de l'arbre :  
$$S0 + S1 = r_g - 1$$
  
(vérification à la compilation)

# Arrondi du résultat (3/3)



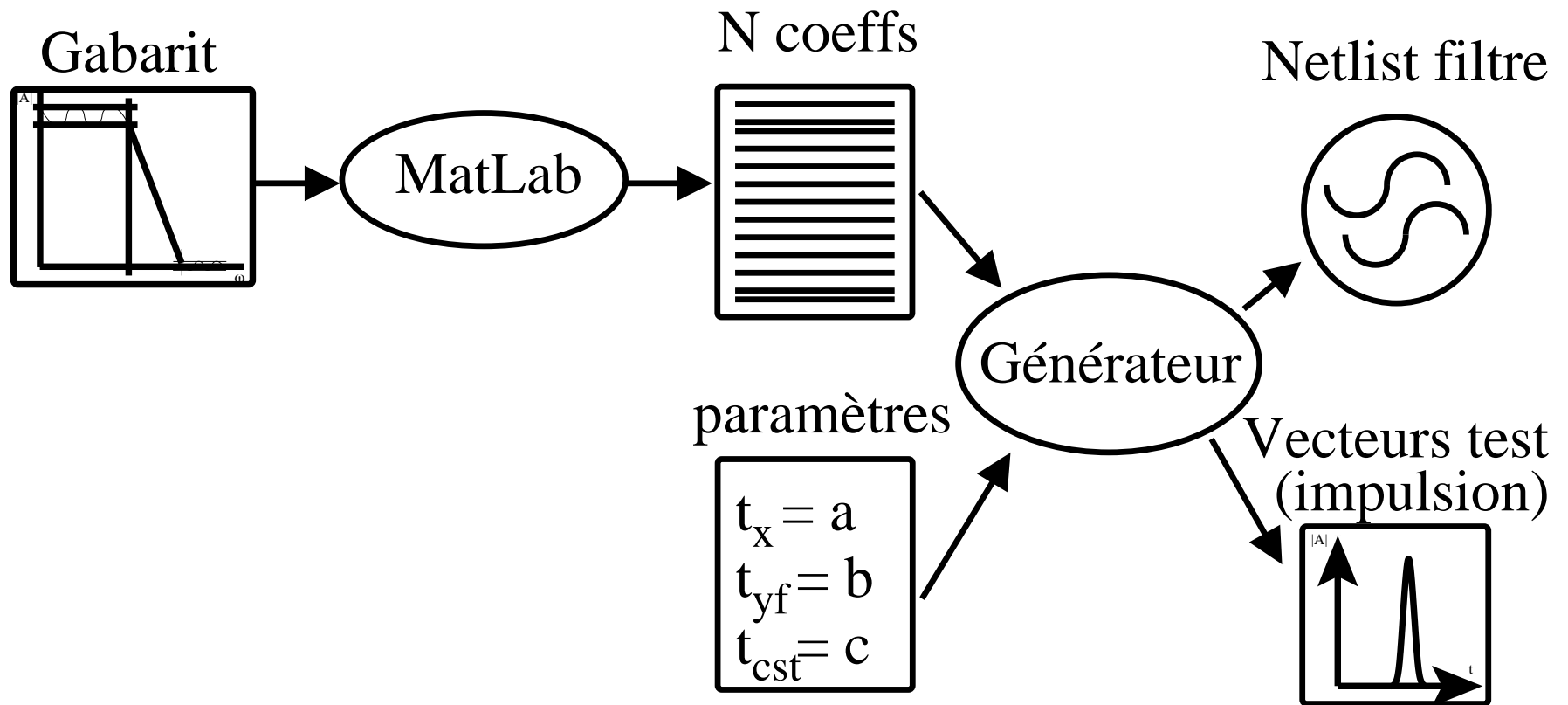
# Structure obtenue



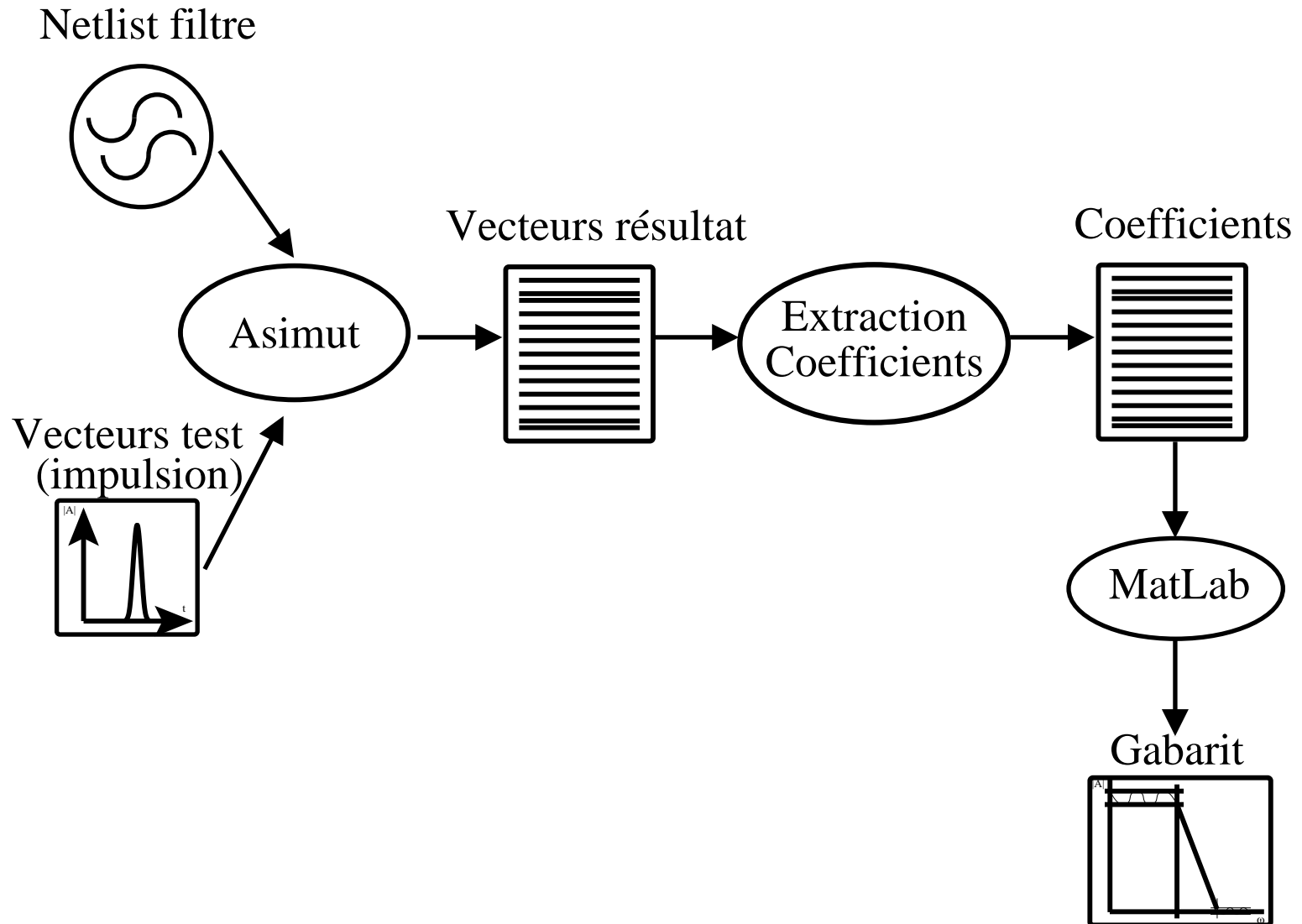
# Paramètres du générateur

- nom
- -cf f\_coeffs
- -tx t\_echant
- -tc t\_coeffs
- -tyf t\_pf\_sortie
- -nf format -pat format -eu -ds -rm  
(paramètres Genoptim)

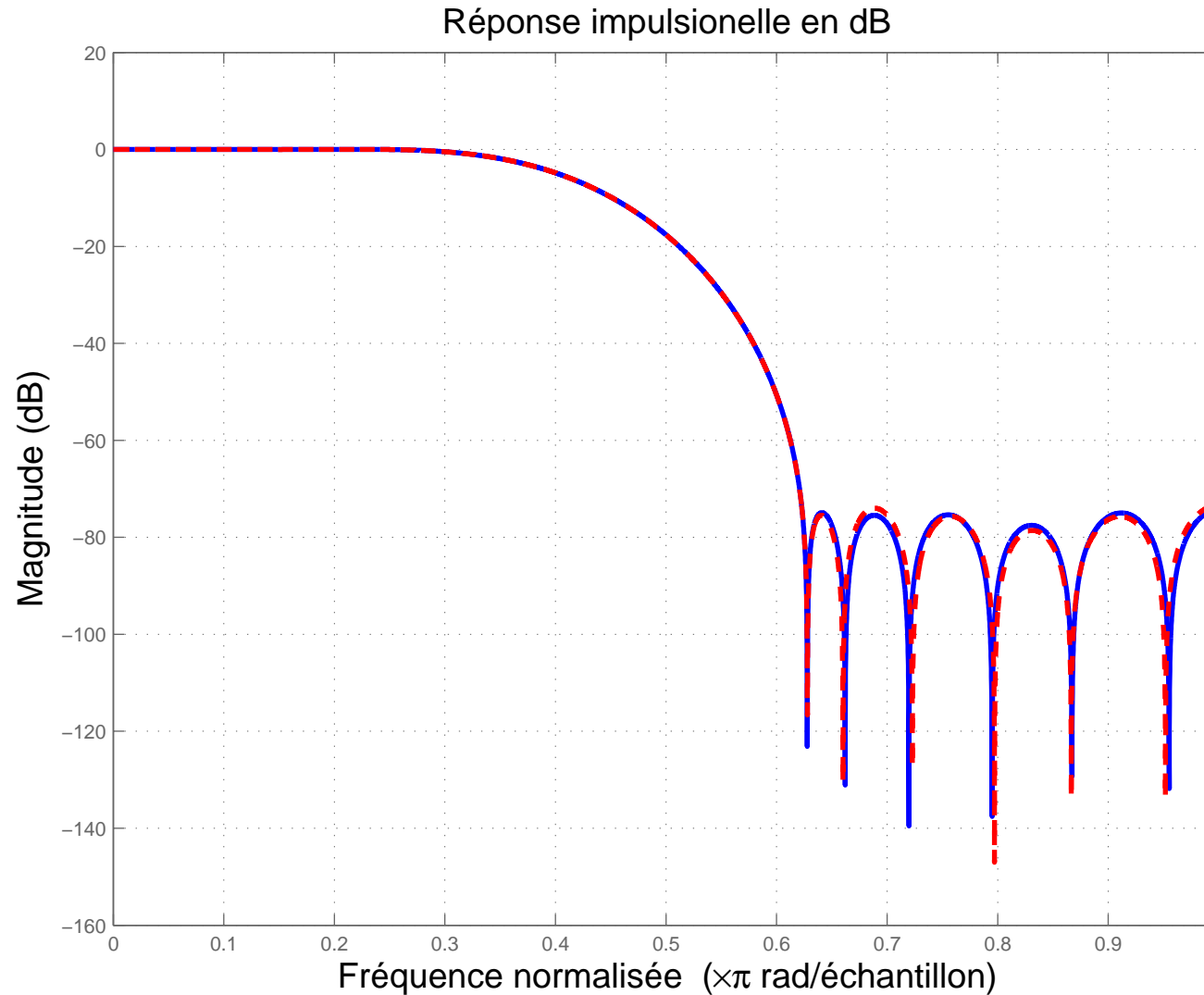
# Méthodologie de validation (1/2)



# Méthodologie de validation (2/2)

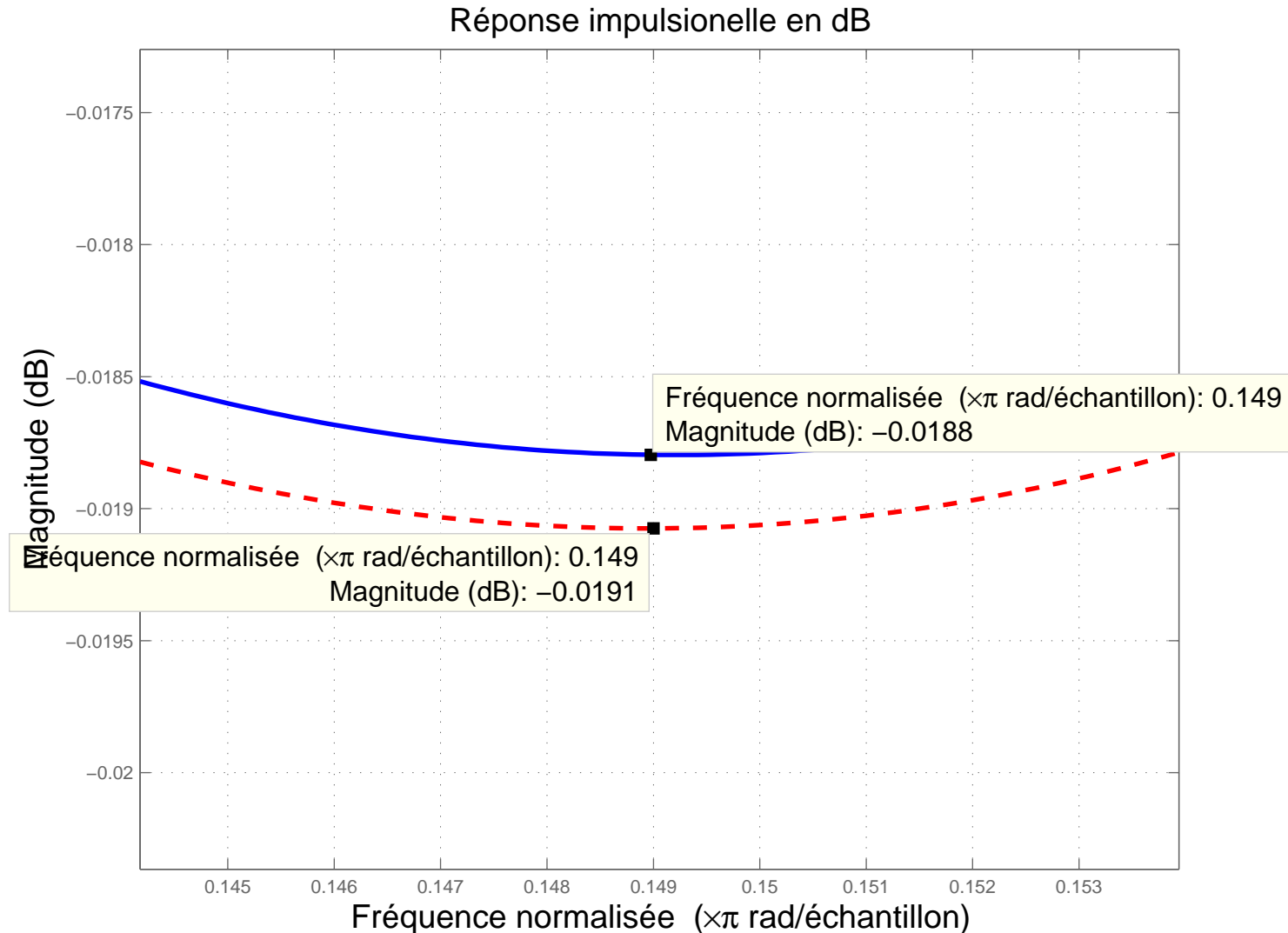


# Validation : filtre passe-bas (1/4)

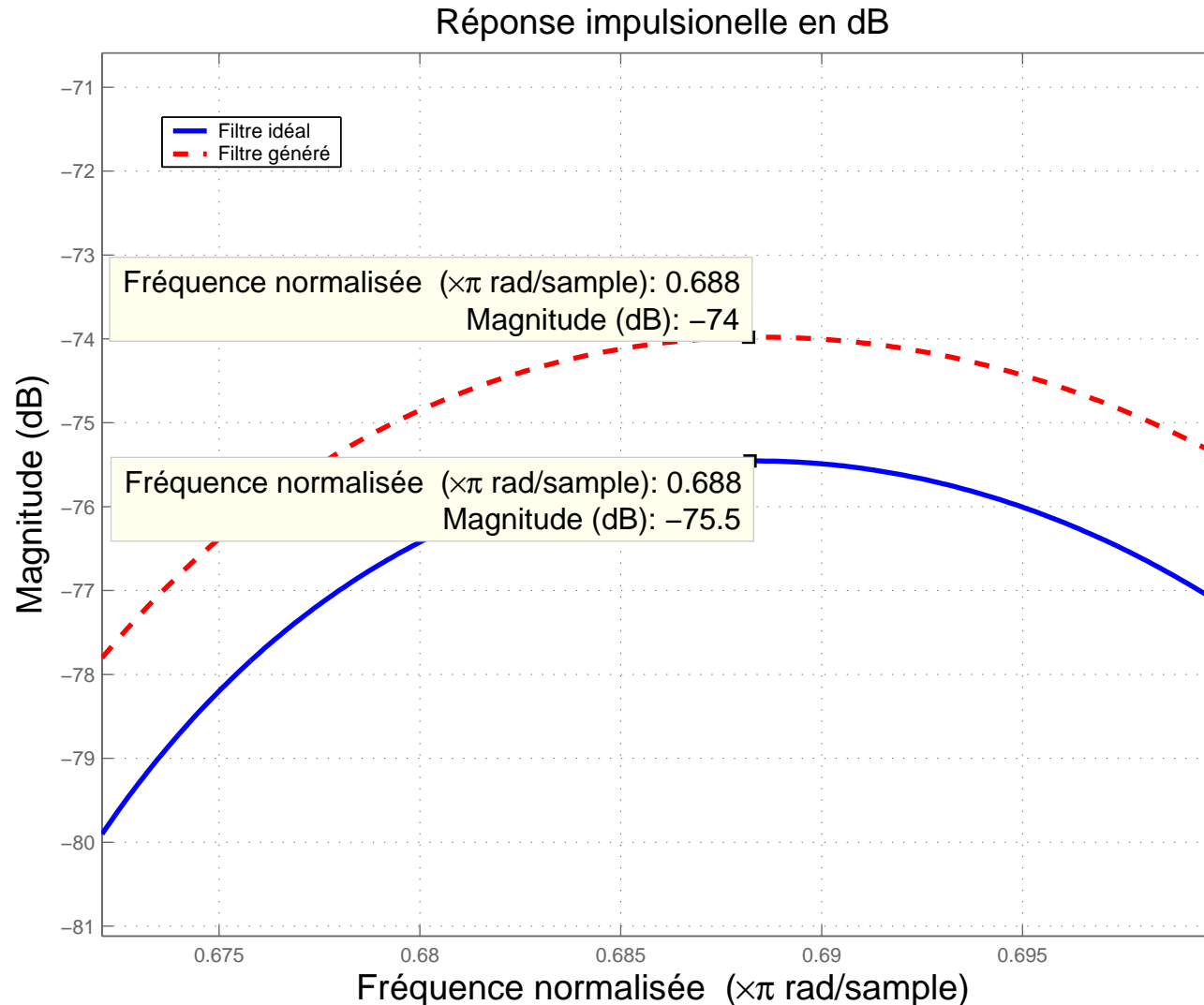




# Ondulation en bande-passante (2/4)



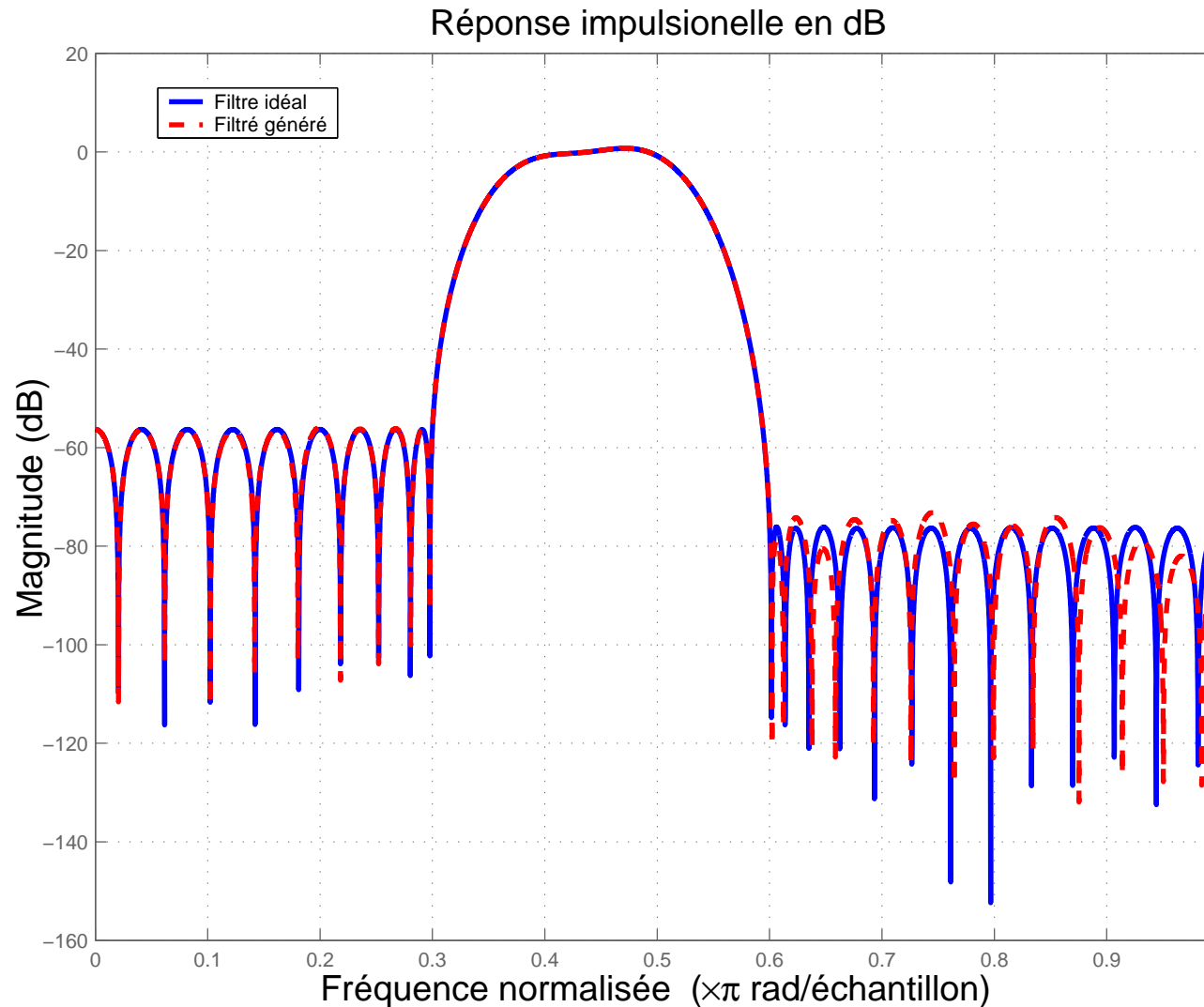
# Ondulation hors bande-passante (3/4)



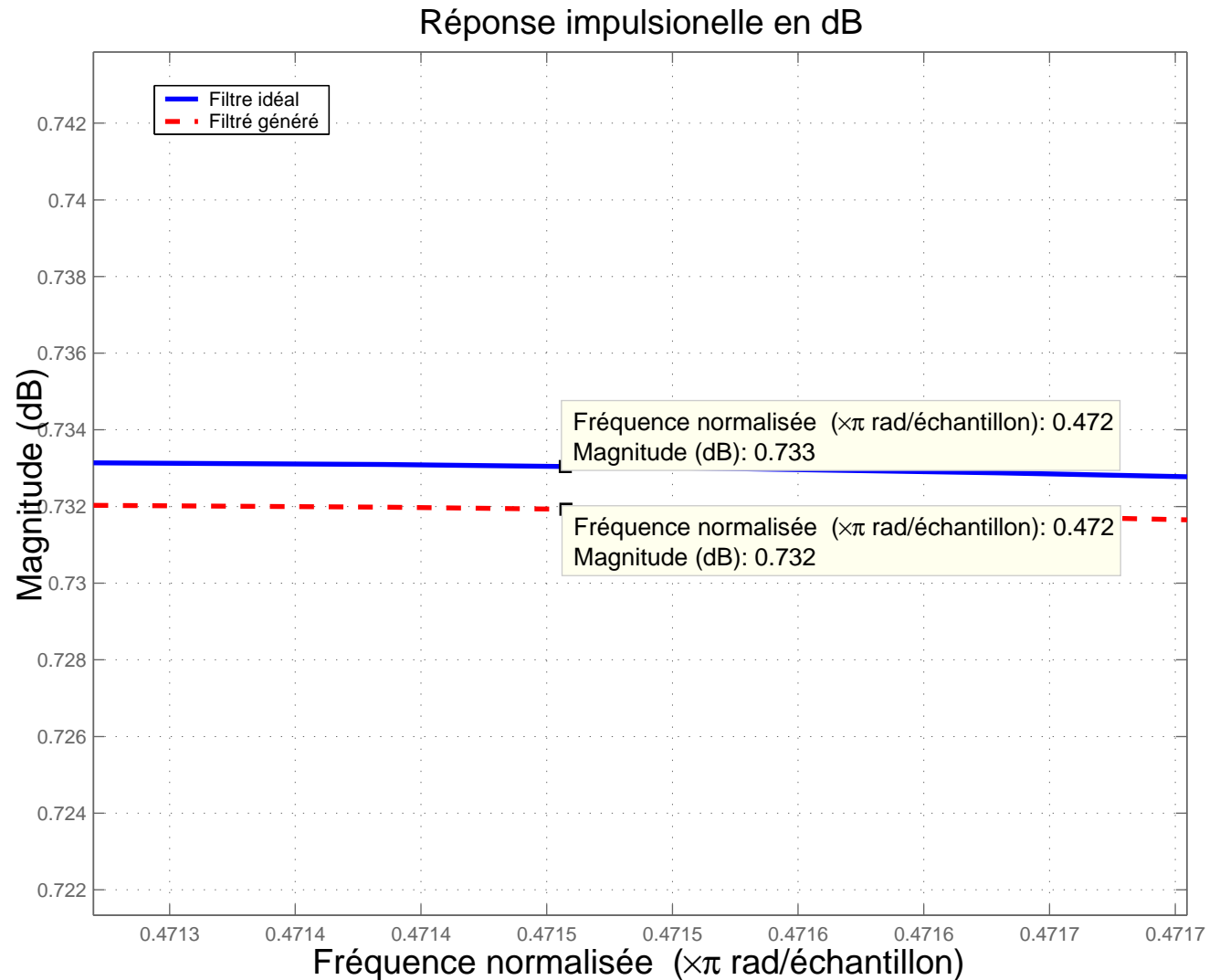
# Validation : filtre passe-bas (4/4)

- 19 coefficients.
- Chemin critique 22421  $pS$  (entre reg11 et Y[26]), soit 44,60  $Mhz$  (technologie prol035).
- 56586 transistors,
- Différence d'ondulation maximum en bande passante : 0,001  $dB$ .
- Différence d'ondulation maximum hors bande passante : 1,5  $dB$ .

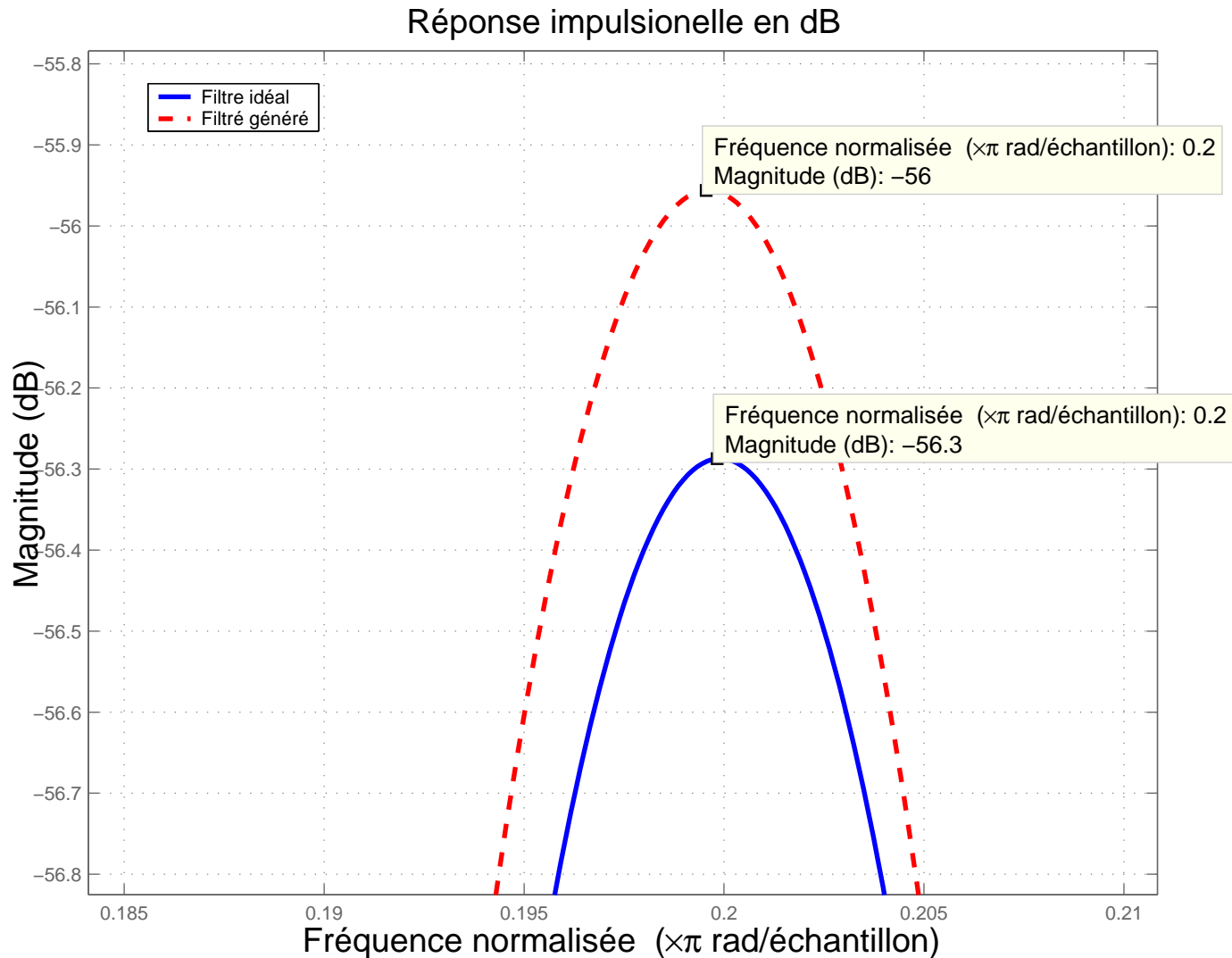
# Validation : filtre passe-bande (1/6)



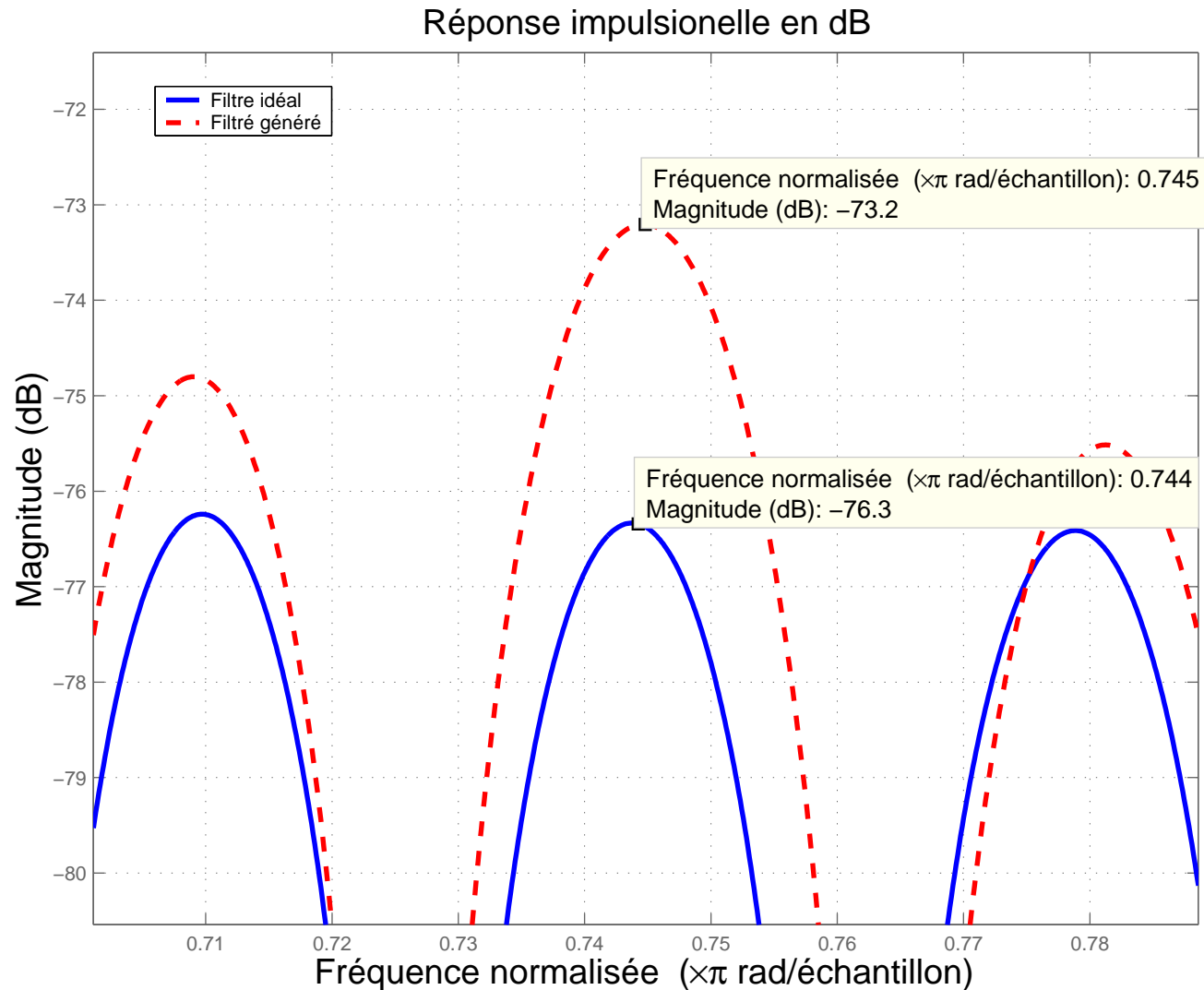
# Ondulation en bande-passante (2/6)



# Ondulation hors bande-passante 1 (3/6)



# Ondulation hors bande-passante 2 (4/6)



# Validation : filtre passe-bande (5/6)

Caractéristiques du filtre :

- Longueur de la réponse impulsionnelle : 51.
- Fin bande de coupure 1 : 7200  $Hz$ .
- Début bande passante : 9600  $Hz$ .
- Fin bande passante : 12000  $Hz$ .
- Début bande de coupure 2 : 14400  $Hz$ .
- Ondulation maximum en bande passante : 1  $dB$ .
- Ondulation maximum hors bande passante 2 : 60  $dB$ .
- Ondulation maximum hors bande passante 2 : 80  $dB$ .

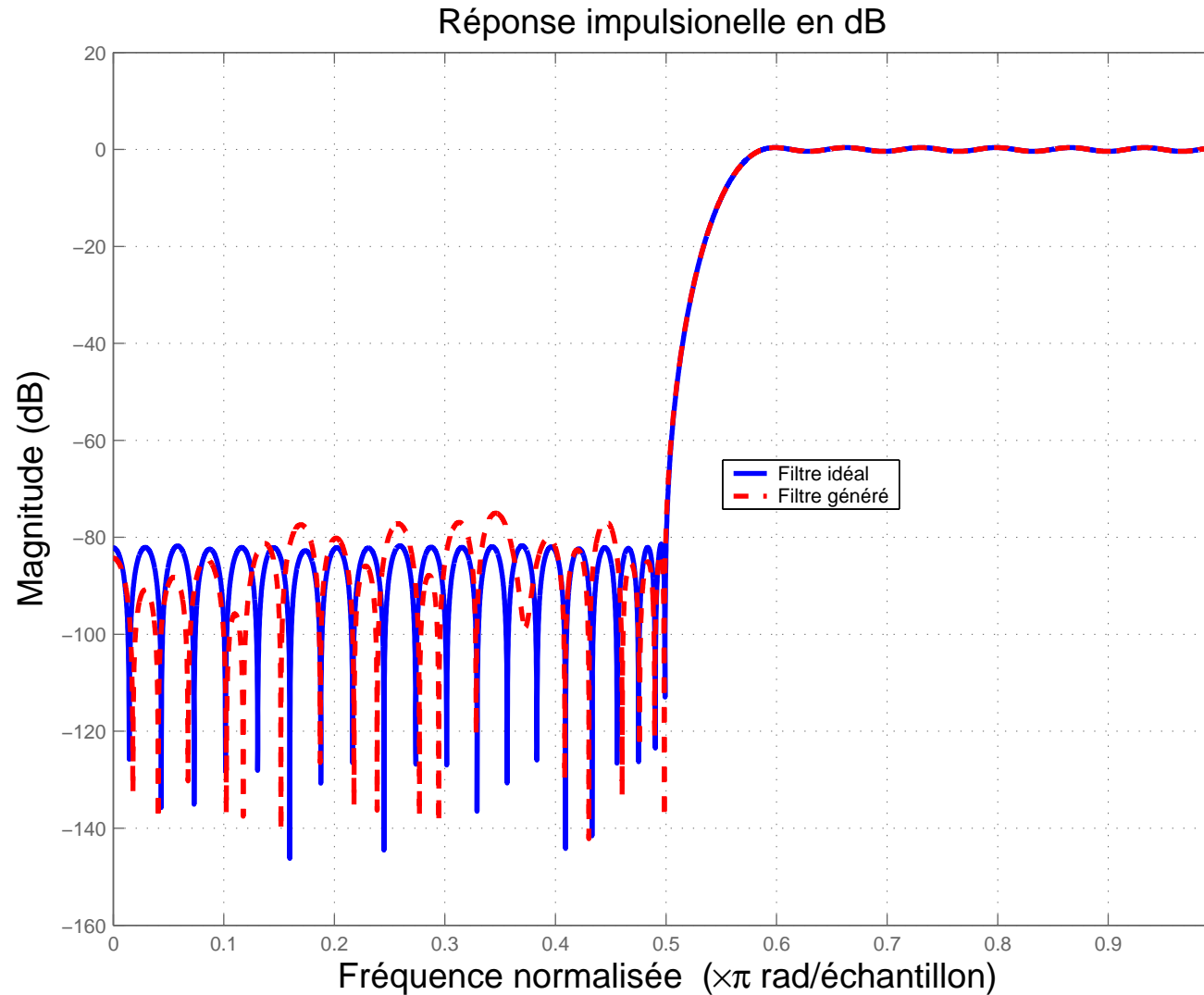


# Validation : filtre passe-bande (6/6)

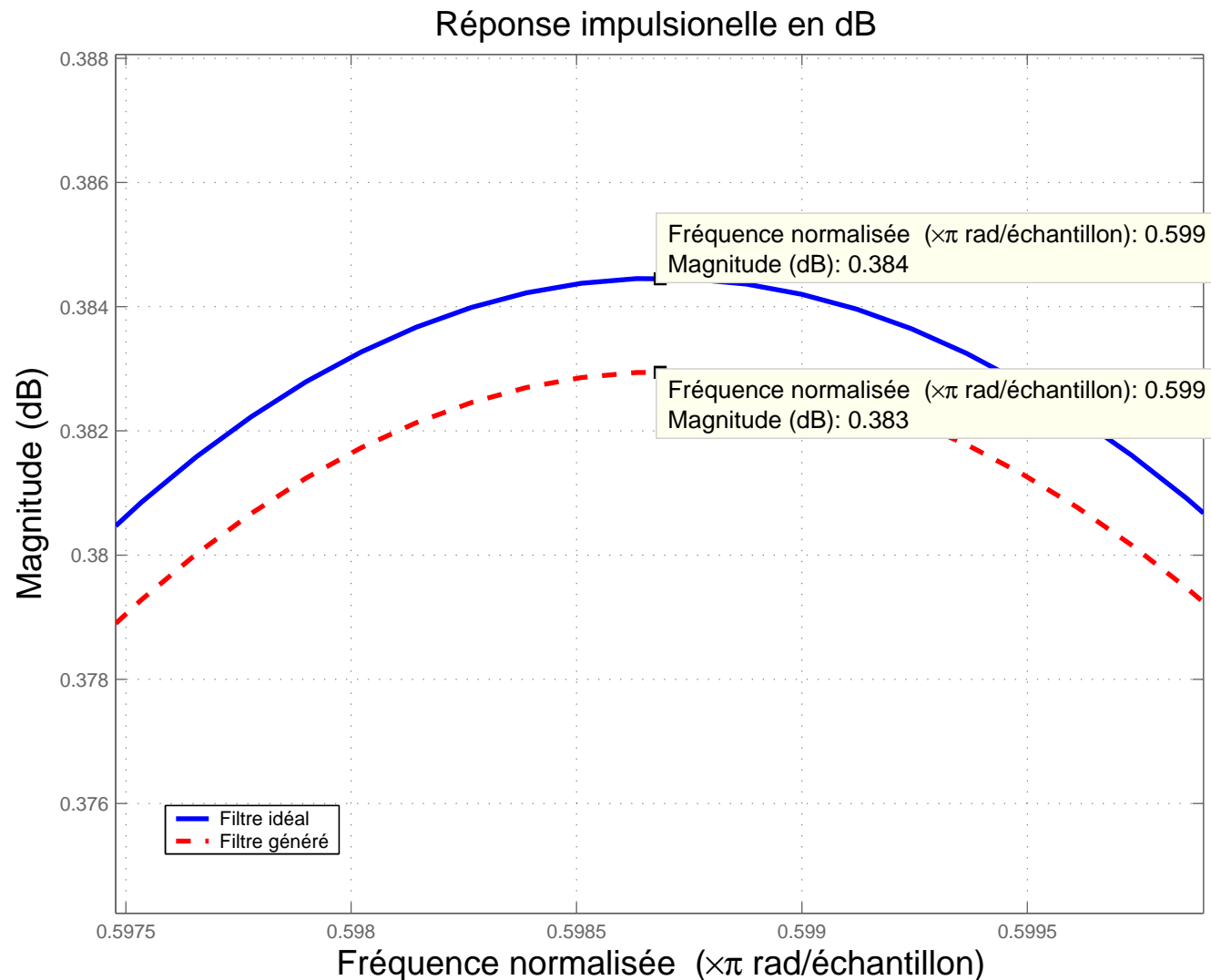
Résultats obtenus :

- Chemin critique 26014 *ps* soit 38,44 *MHz*,
- 136555 transistors,
- Différence d'ondulation maximum en bande passante : 0,01 *dB*.
- Différence d'ondulation maximum hors bande passante 1 : 0,3 *dB*.
- Différence d'ondulation maximum hors bande passante 2 : 3,1 *dB*.

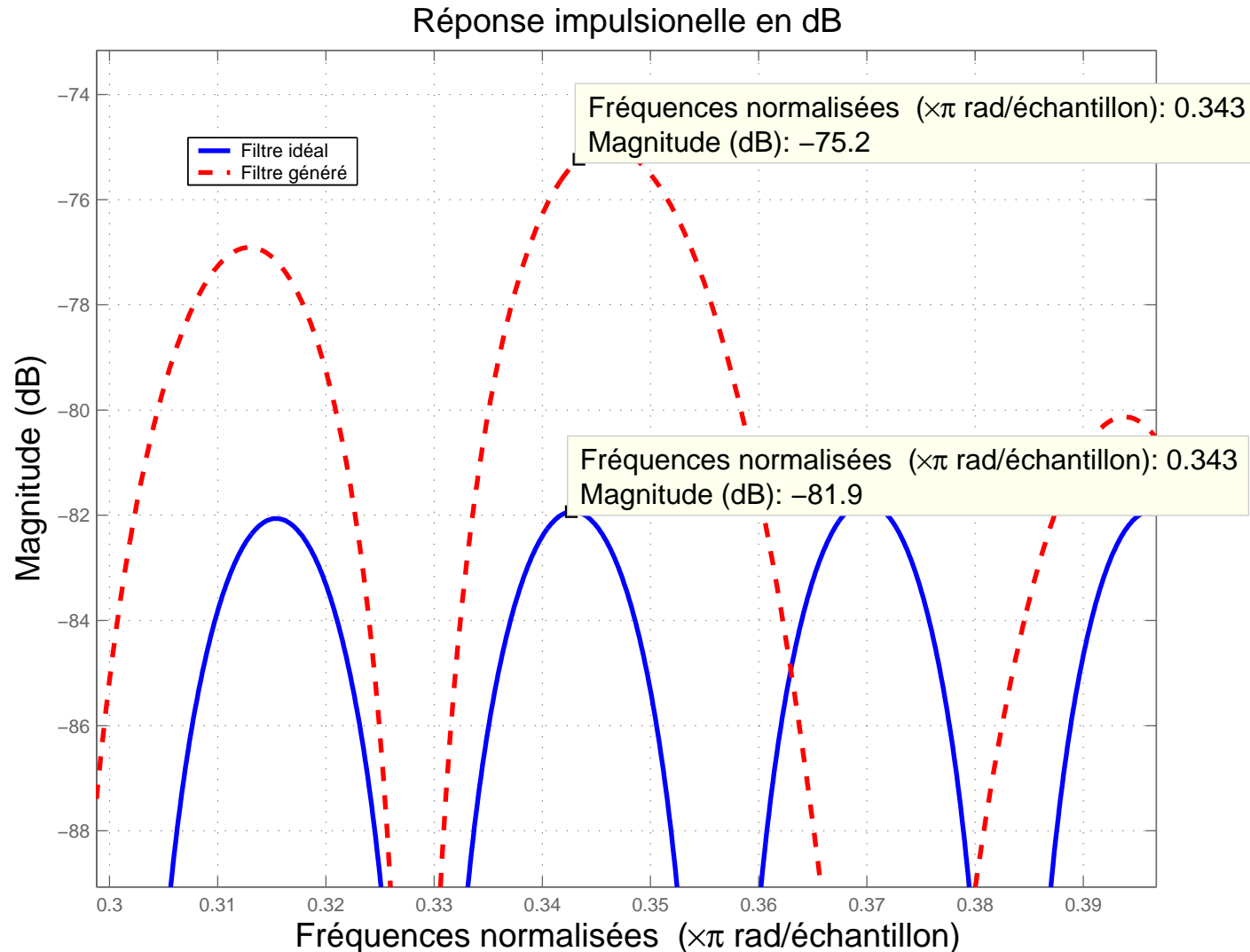
# Validation : filtre passe-haut (1/5)



# Ondulation en bande-passante (2/5)



# Ondulation hors bande-passante (3/5)



# Validation : filtre passe-haut (4/5)

Caractéristiques du filtre :

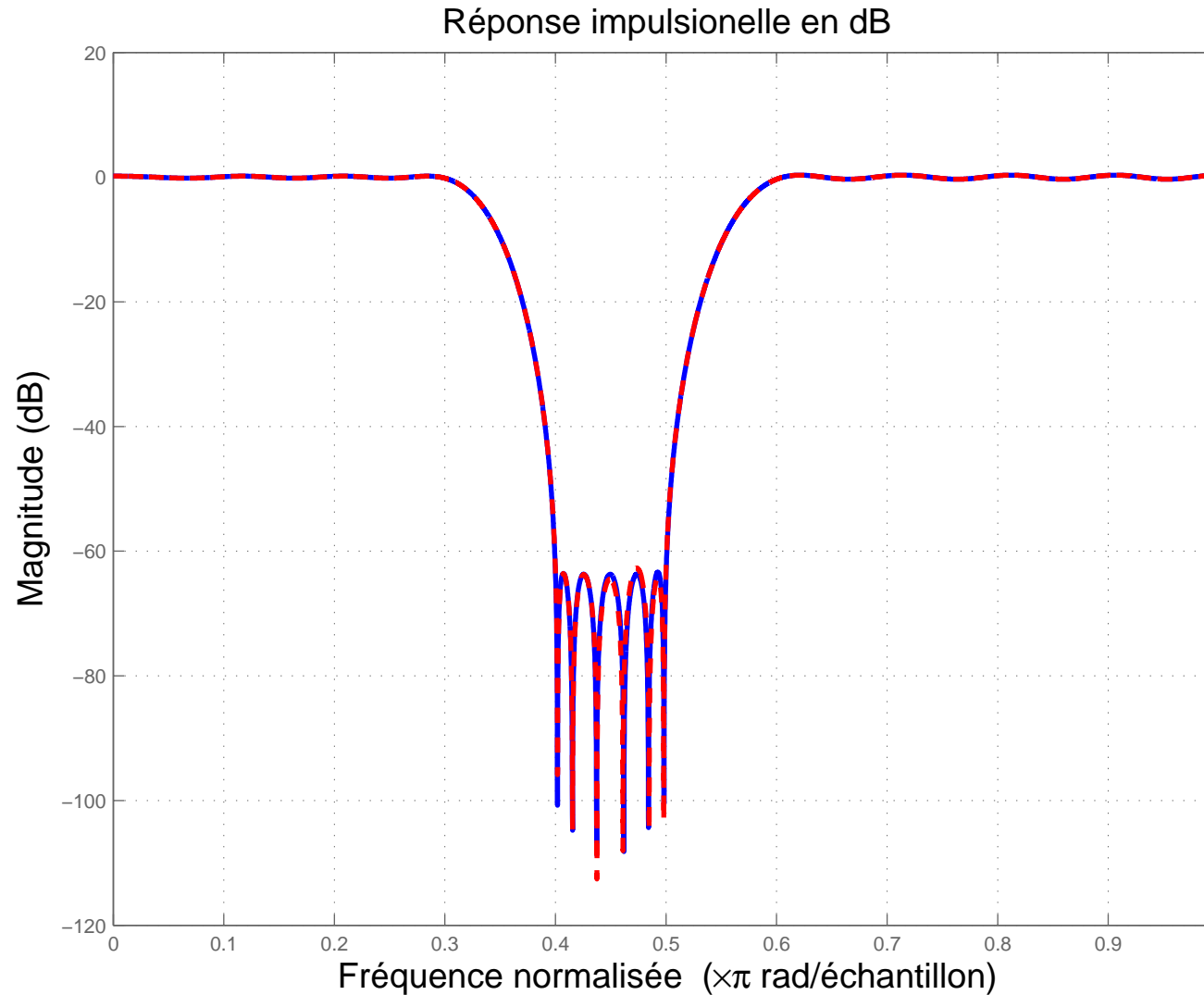
- Longueur de la réponse impulsionnelle : 67.
- Fin bande coupure : 9600  $Hz$ .
- Début bande passante : 12000  $Hz$ .
- Ondulation maximum hors bande passante : 80  $dB$ .
- Ondulation maximum en bande passante : 1  $dB$ .

# Validation : filtre passe-haut (5/5)

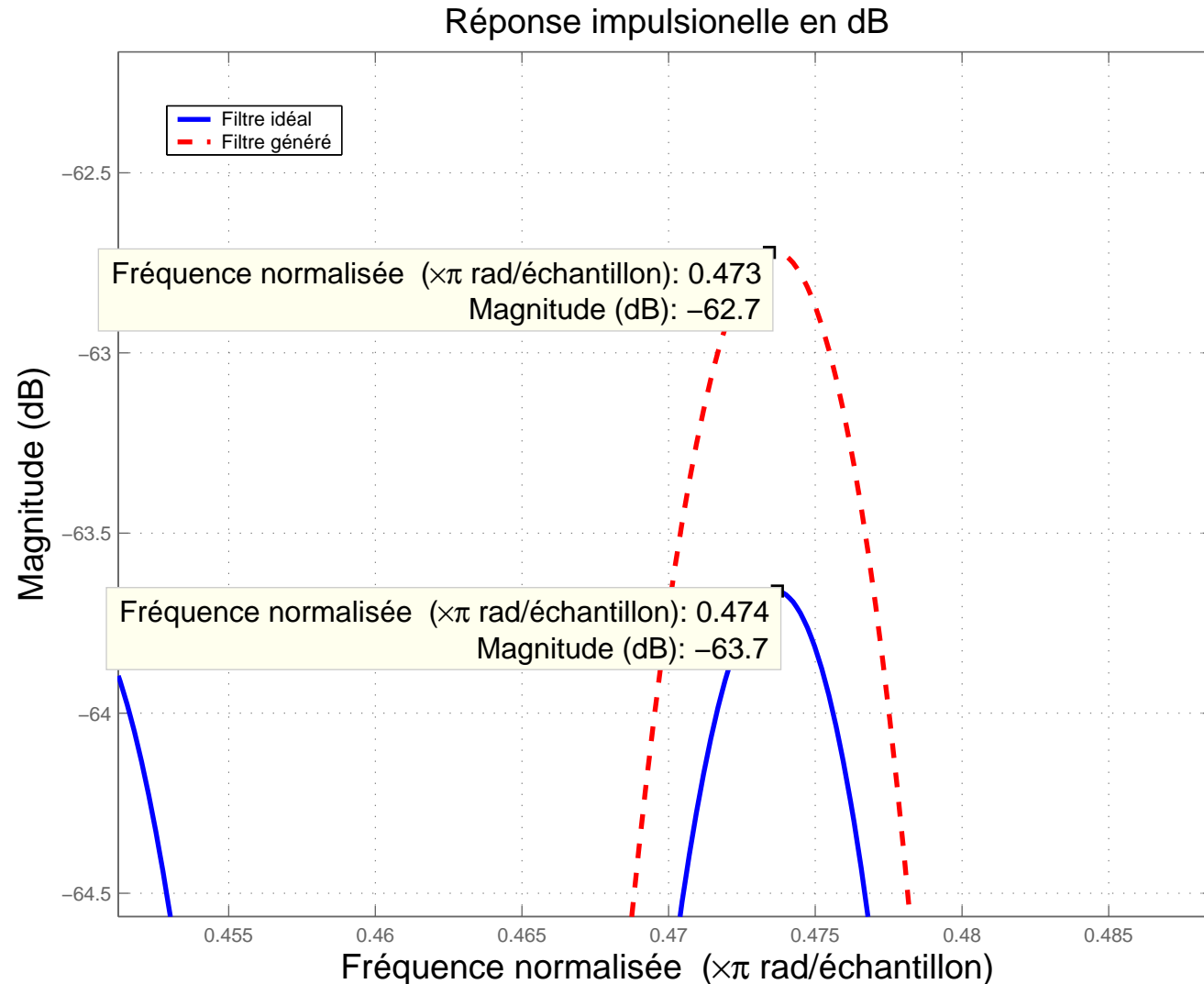
Résultats obtenus :

- Chemin critique  $26365\text{ ps}$  soit  $37,93\text{ Mhz}$ .
- 178898 transistors.
- Différence d'ondulation maximum en bande passante :  $0,001\text{ dB}$ .
- Différence d'ondulation maximum hors bande passante :  $7\text{ dB}$ .

# Validation : filtre stop-bande (1/6)

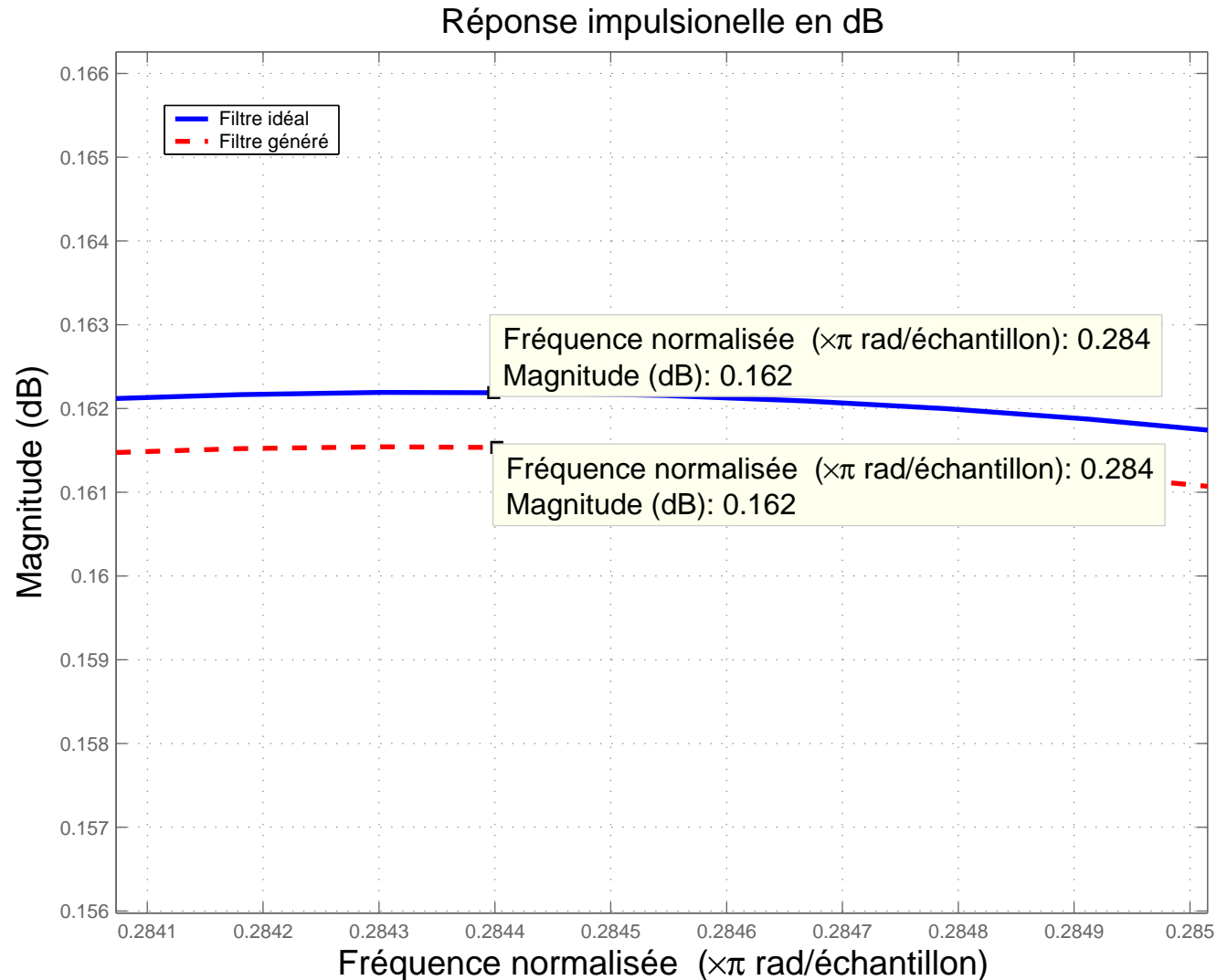


# Ondulation hors bande-passante (2/6)

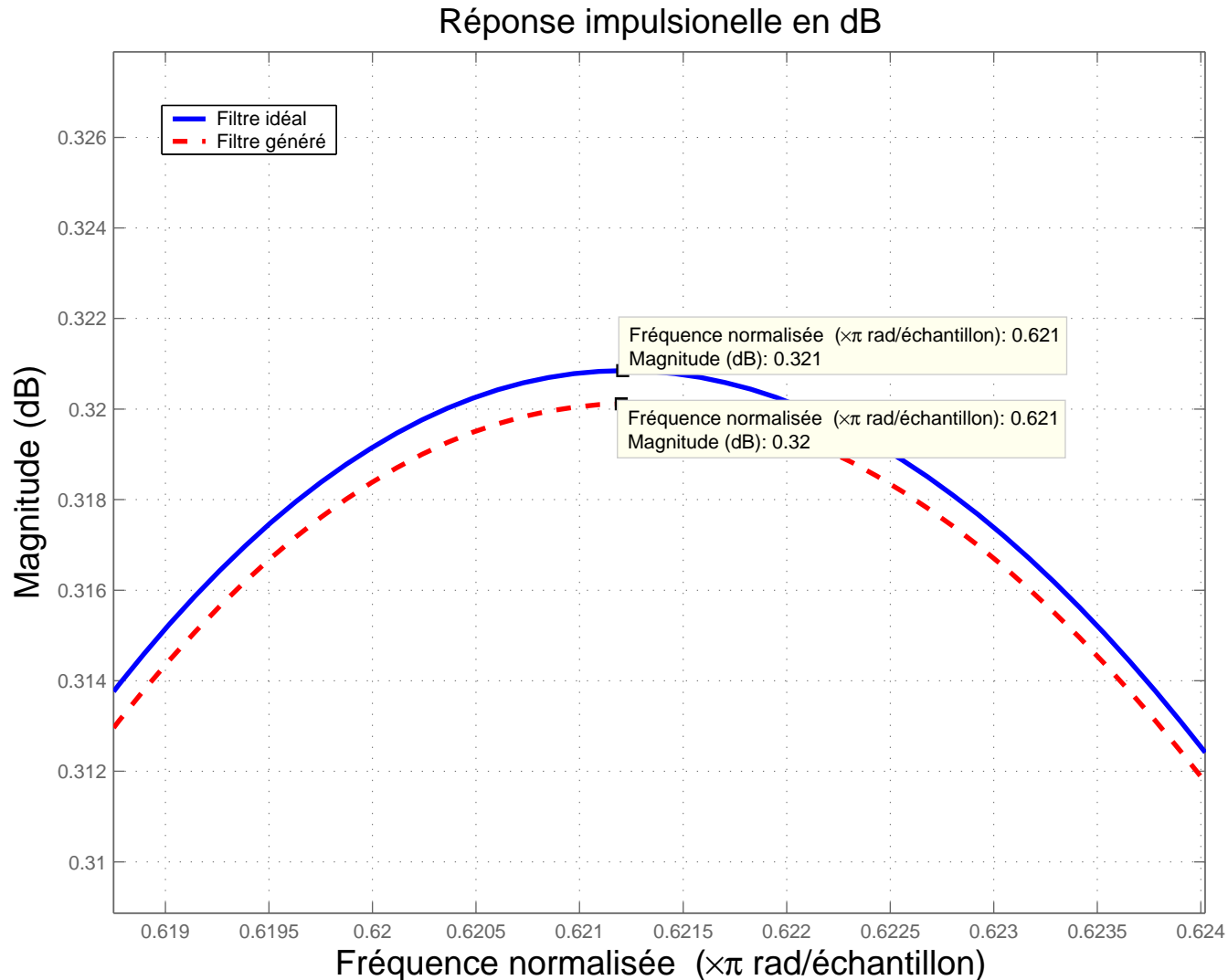




# Ondulation en bande-passante 1 (3/6)



# Ondulation en bande-passante 2 (4/6)



# Validation : filtre stop-bande (5/6)

Caractéristiques du filtre :

- Longueur de la réponse impulsionnelle : 47.
- Fin bande passante 1 : 7200  $Hz$ .
- Début bande stop : 9600  $Hz$ .
- Fin bande stop : 12000  $Hz$ .
- Début bande passante 2: 14400  $Hz$ .
- Ondulation maximum hors bande passante : 60  $dB$ .
- Ondulation maximum en bande passante 1 : 0.5  $dB$ .
- Ondulation maximum en bande passante 2 : 1  $dB$ .

# Validation : filtre stop-bande (6/6)

Résultats obtenus :

- Chemin critique  $25103 \text{ ps}$  soit  $39,84 \text{ MHz}$ .
- 129462 transistors.
- Différence d'ondulation maximum en bande passante 1 :  $0,001 \text{ dB}$ .
- Différence d'ondulation maximum en bande passante 2 :  $0,01 \text{ dB}$ .
- Différence d'ondulation maximum hors bande passante :  $1 \text{ dB}$ .

# Conclusion & Perspectives

- Un générateur de filtres RIF a été réalisé et validé, néanmoins il reste quelques finitions à apporter :
  - Regrouper toutes les sommes dans un seul arbre de Wallace (pas possible avec ancien Wallace),
  - En option : signal reset, valid in, valid out,
  - Comparer avec l'approche redondante,
  - Générer les informations de pré-placement,
  - Automatiser la séparation en plusieurs filtres.