Transmission de signaux stochastiques pour optimiser le contraste en imagerie par inversion d'impulsions

Sébastien Ménigot[1,2] & Jean-Marc Girault[2]

[1]IUT Ville d'Avray, Université Paris Ouest Nanterre La Défense, Ville d'Avray, France
[2]UMR Inserm U 930, Université François-Rabelais de Tours, PRES Centre-Val de Loire Université, Tours, France

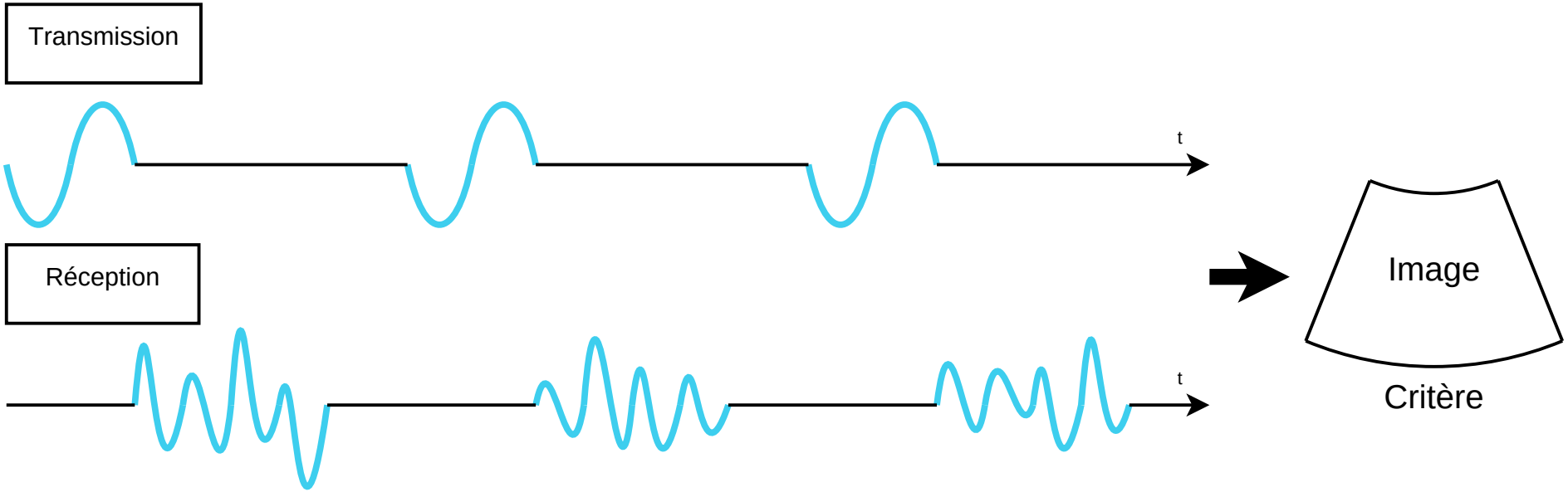
10 juin 2013

Introduction
Système d'imagerie ultrasonore

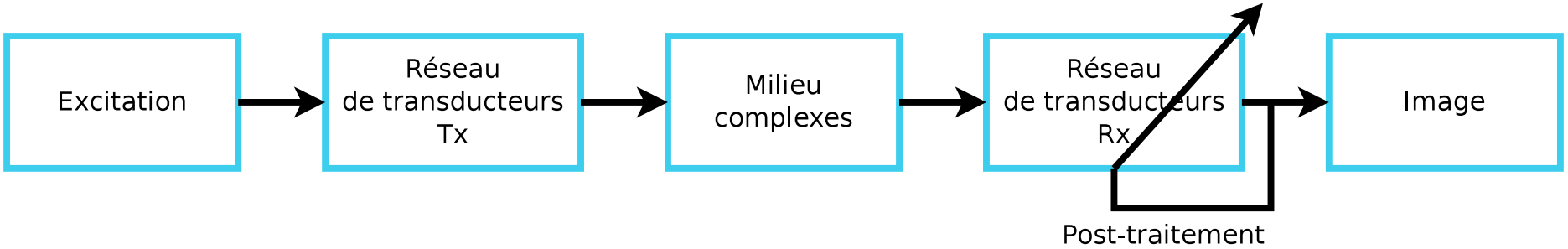
©APCI
SuperSonic Imagine
Axe Design (Design), C. Moura (Designer)

Système d'imagerie ultrasonore

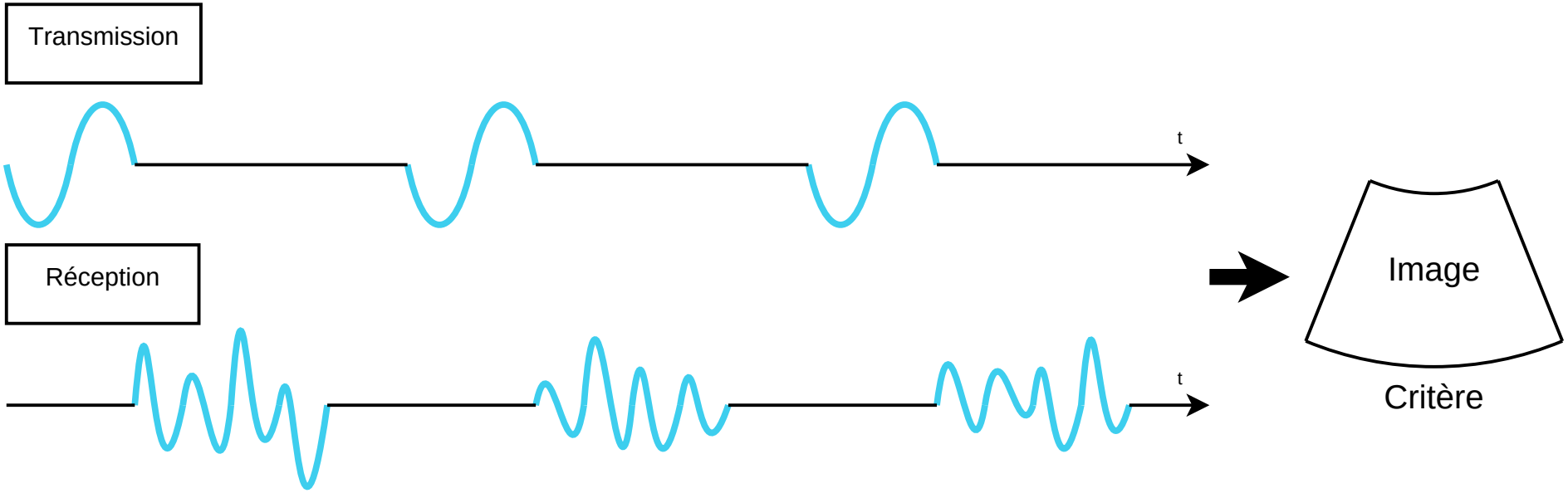
Imagerie échographique



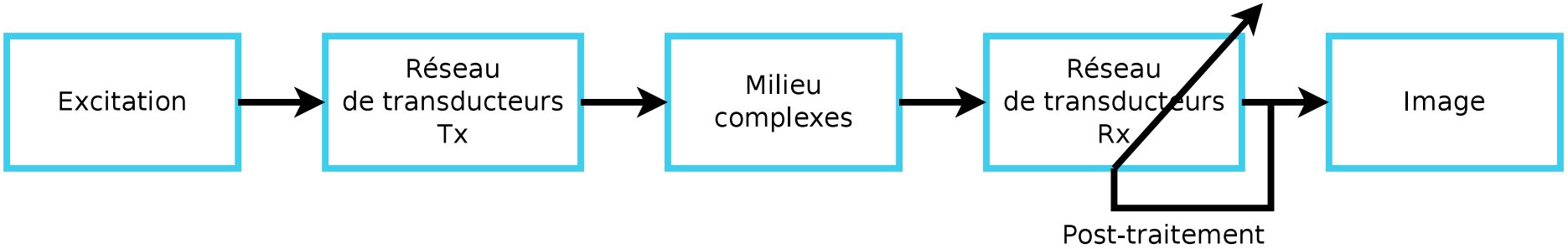
Imagerie ultrasonore non-linéaire



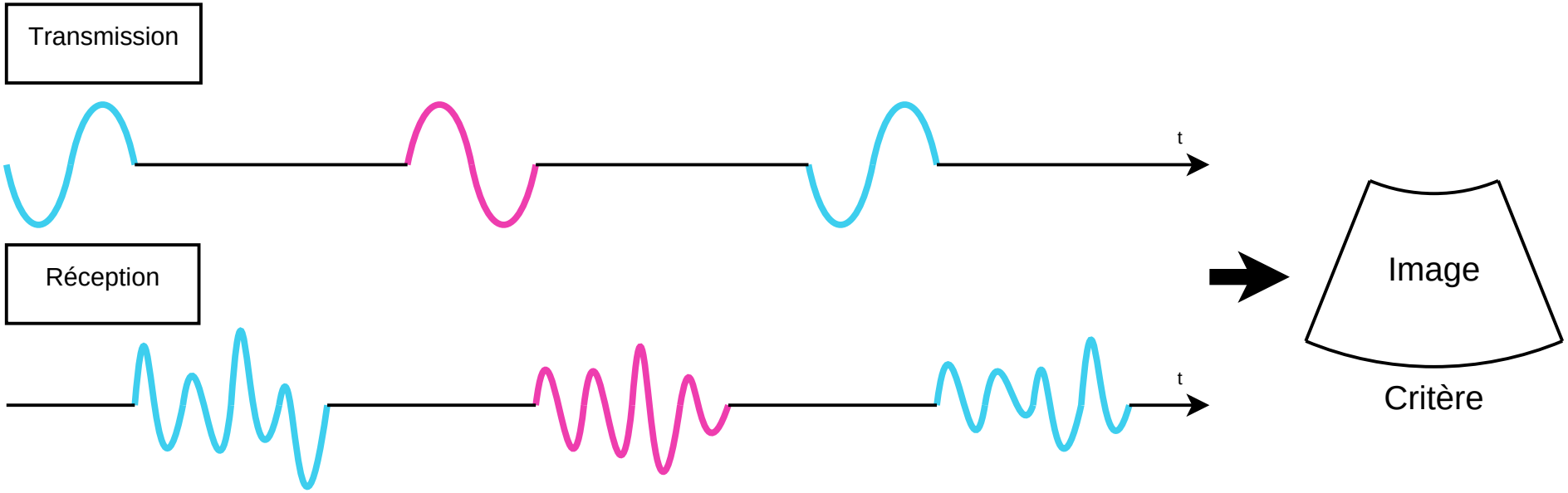
Imagerie ultrasonore harmonique



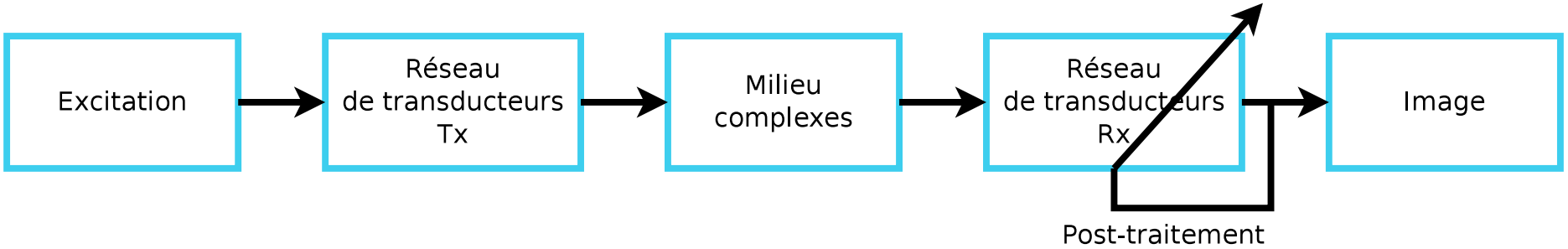
Imagerie ultrasonore non-linéaire



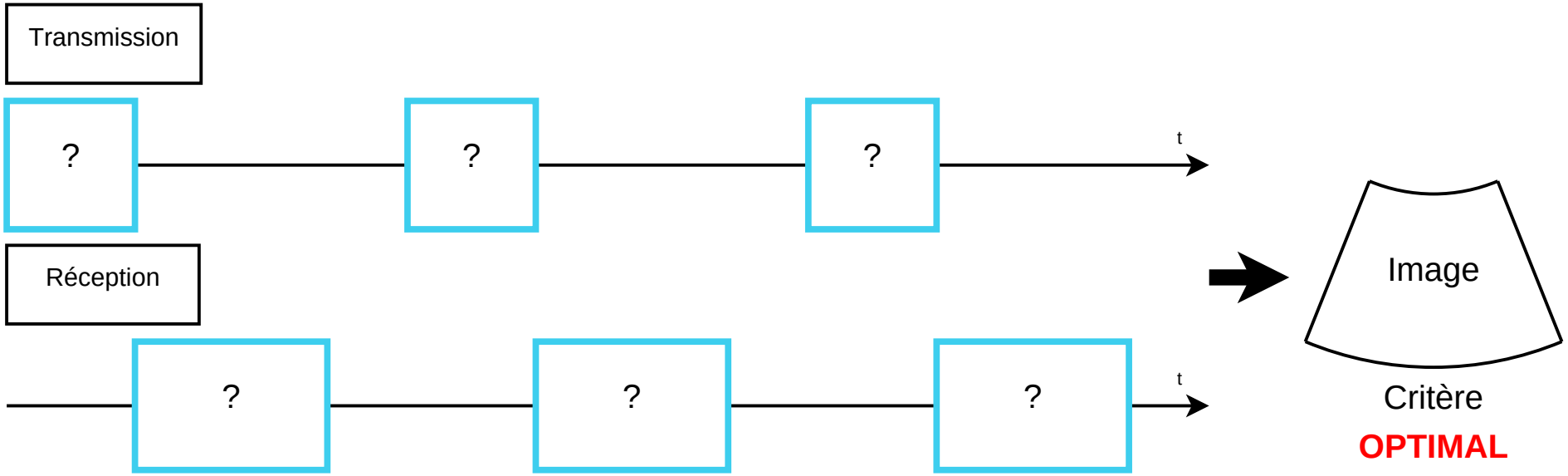
Imagerie ultrasonore codée



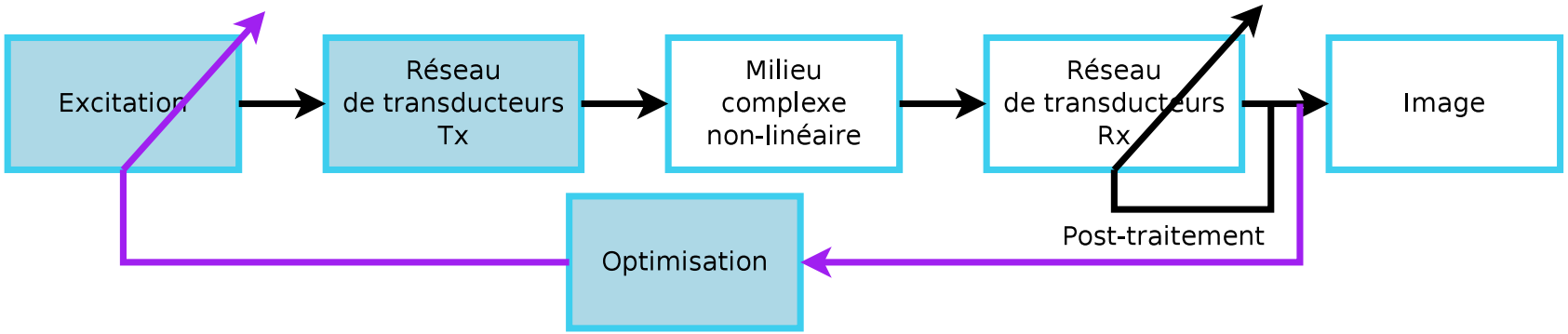
Imagerie ultrasonore non-linéaire



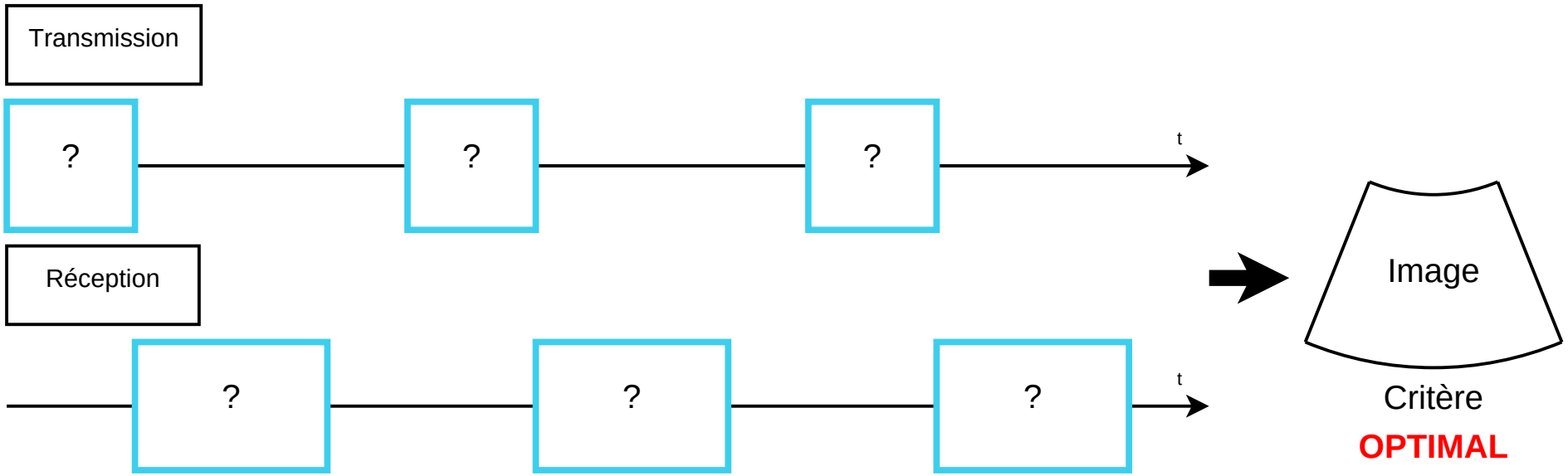
Quelle est la commande qui optimise un critère ?



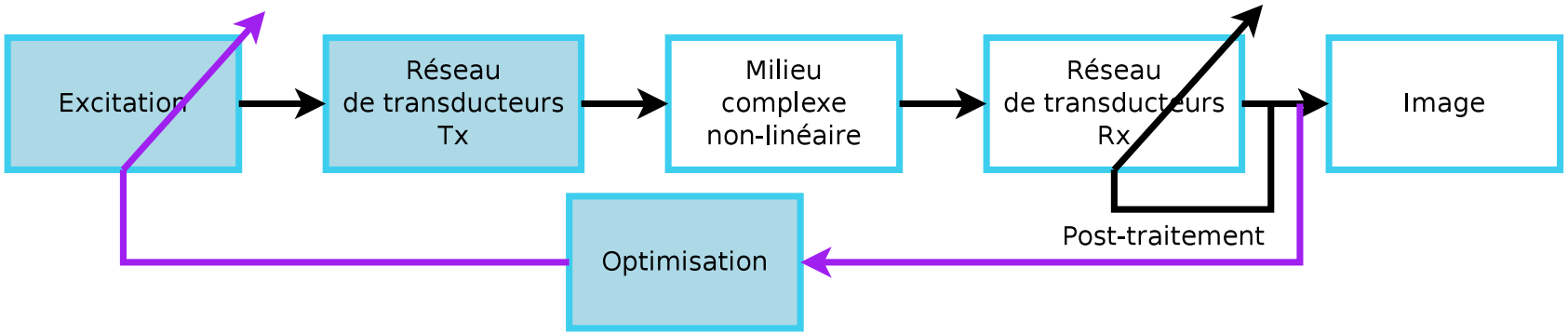
Commande optimale pour l'imagerie non-linéaire



Quelle est la commande qui optimise un critère ?



Mise en œuvre de la commmande optimale



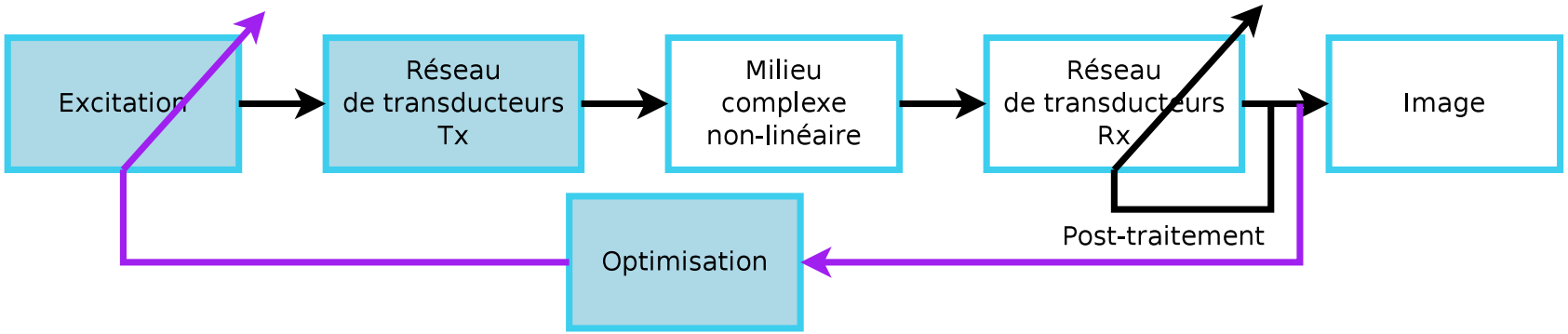
Réglage de l'optimisation itérative

1. Détection : choix de la fonction de coût $J(\theta)$
   - Objectif : détecter des inclusions de tissus
   - Amélioration de l'image ultrasonore

   $\Rightarrow$ Contraste entre l'inclusion et le tissu environnant
2. Description de la forme d'onde
3. Optimisation : choix de l'algorithme d'optimisation

   $\hookrightarrow$ Optimisation par algorithme génétique

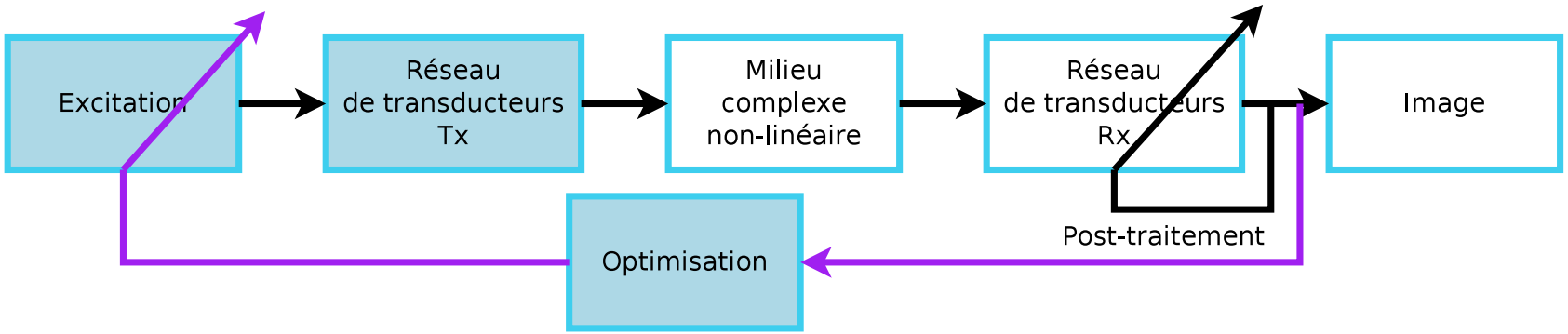
Mise en œuvre de la commmande optimale



Réglage de l'optimisation itérative

1. Détection : choix de la fonction de coût $J(\theta)$
2. Description de la forme d'onde
   - Onde déterministe : hypothèse sur la forme $\rightarrow$ paramètres descriptifs θ
   - Onde aléatoire : Aucune hypothèse sur la forme
3. Optimisation : choix de l'algorithme d'optimisation
   $\hookrightarrow$ Optimisation par algorithme génétique

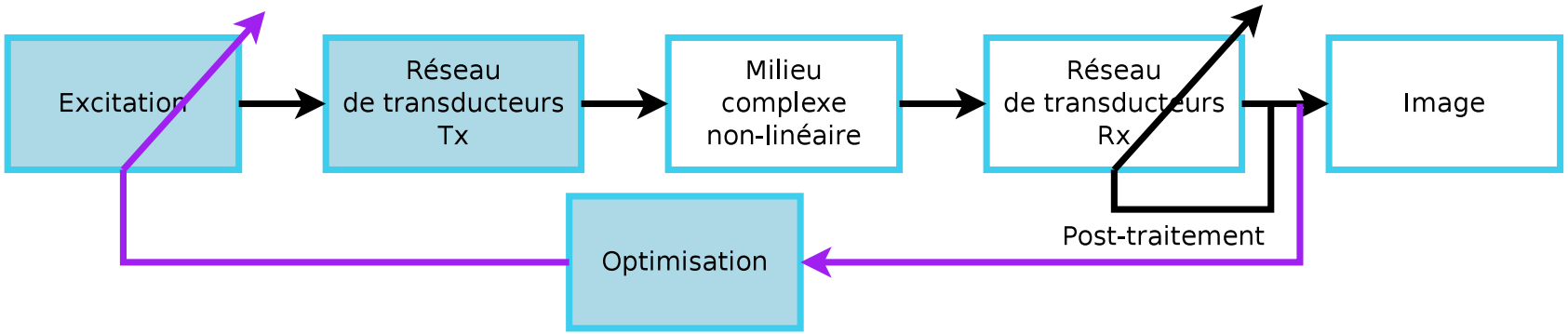
Mise en œuvre de la commmande optimale



Réglage de l'optimisation itérative

1. Détection : choix de la fonction de coût $J(\theta)$
2. Description de la forme d'onde
   - Onde déterministe : hypothèse sur la forme $\rightarrow$ paramètres descriptifs θ
   - Onde aléatoire : Aucune hypothèse sur la forme $\rightarrow$ échantillons numériques
3. Optimisation : choix de l'algorithme d'optimisation
   $\hookrightarrow$ Optimisation par algorithme génétique

Mise en œuvre de la commmande optimale



Réglage de l'optimisation itérative

1. Détection : choix de la fonction de coût $J(\theta)$
2. Description de la forme d'onde
   - Onde déterministe : hypothèse sur la forme $\rightarrow$ paramètres descriptifs θ
   - Onde aléatoire : Aucune hypothèse sur la forme $\rightarrow$ échantillons numériques
3. Optimisation : choix de l'algorithme d'optimisation
   $\hookrightarrow$ Optimisation par algorithme génétique

Commande optimale en imagerie harmonique de tissus

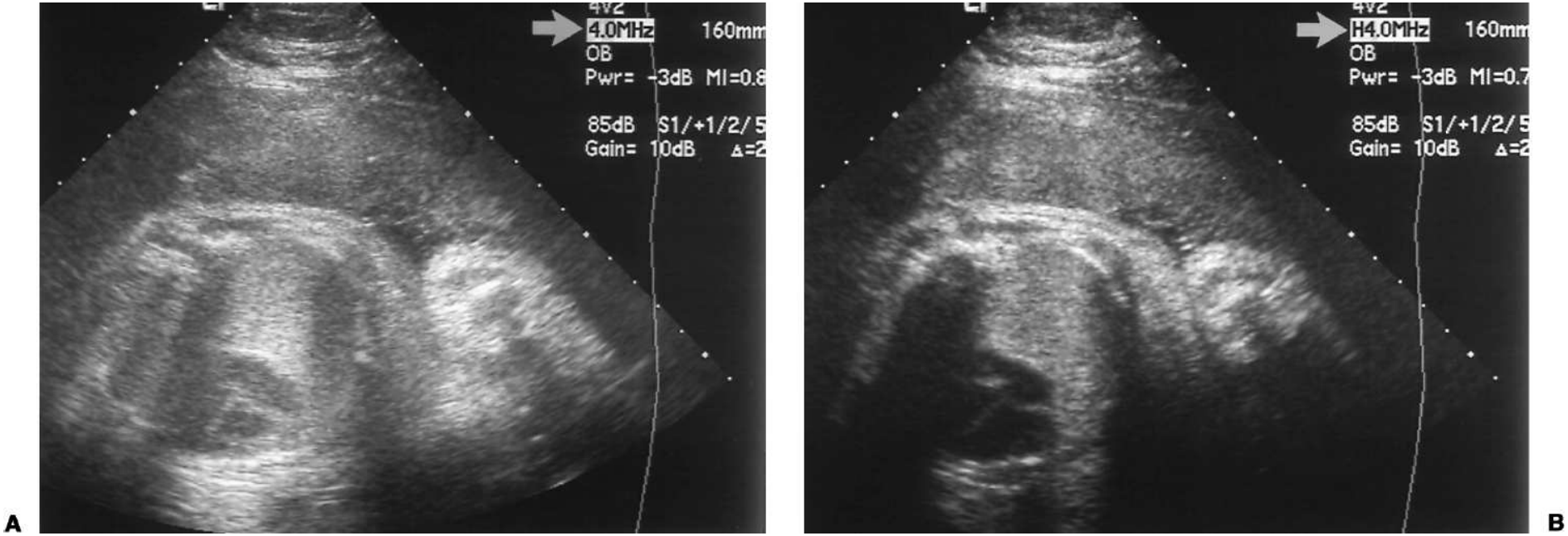
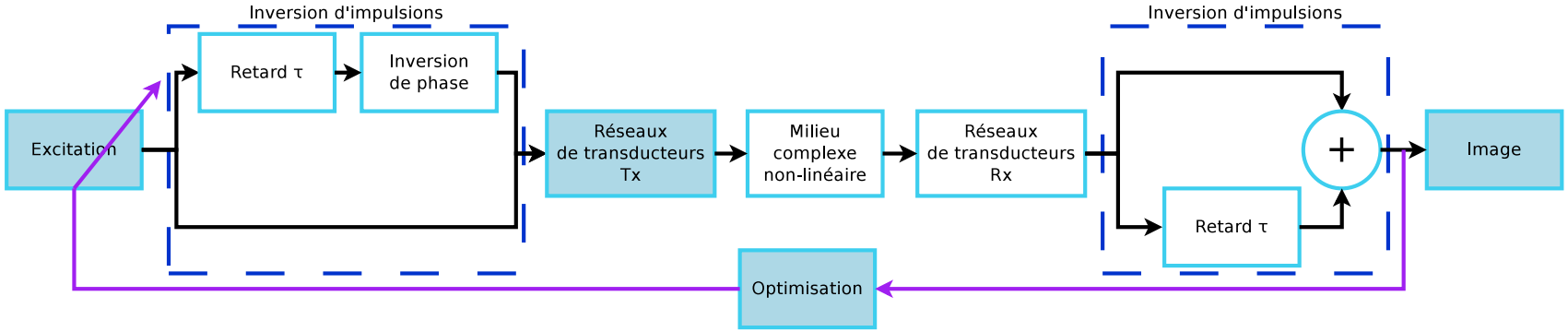


Image d'un cœur de fœtus — A : Image fondamentale / B : Image harmonique

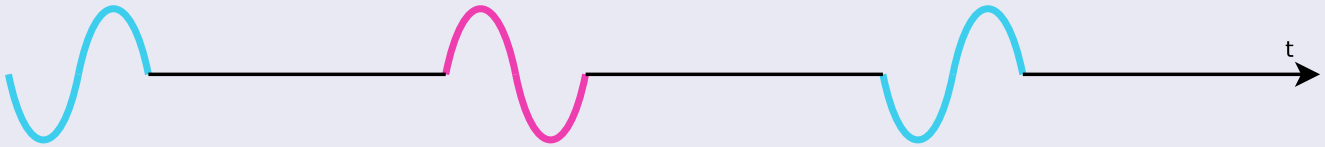
W. E. Brant, *The Core Curriculum : Ultrasound* (1re édition), Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphie, États-Unis d'Amériques

Imagerie par inversion d'impulsions et milieu à explorer



Imagerie codée : inversion d'impulsions

- 2 ondes successives déphasées de 180°

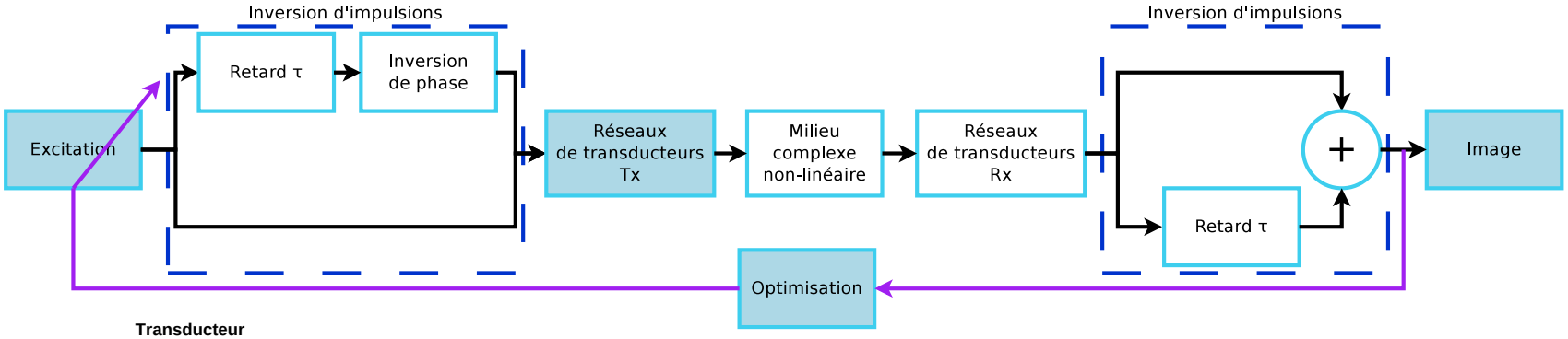


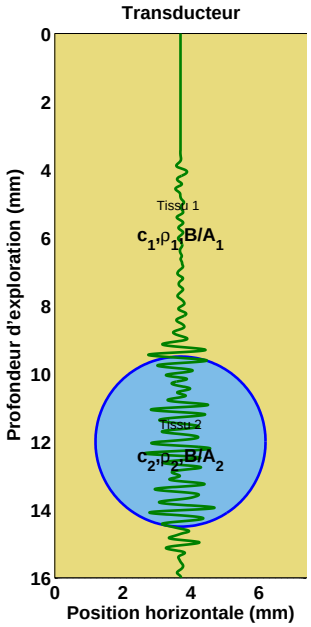
- Extraction des composantes paires par la somme des échos

Générateur de l'excitation

- Générateur analogique
- Générateur binaire → échographe conventionnelle

Imagerie par inversion d'impulsions et milieu à explorer

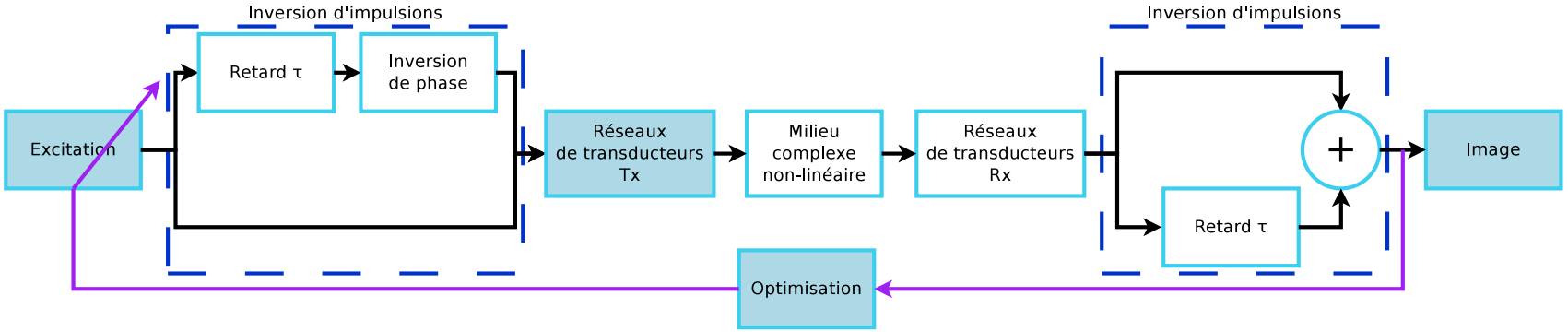


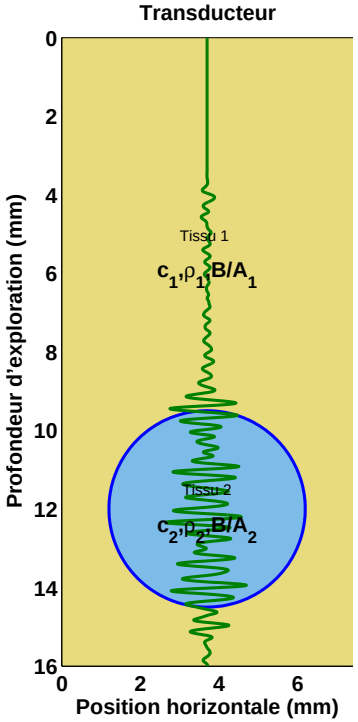


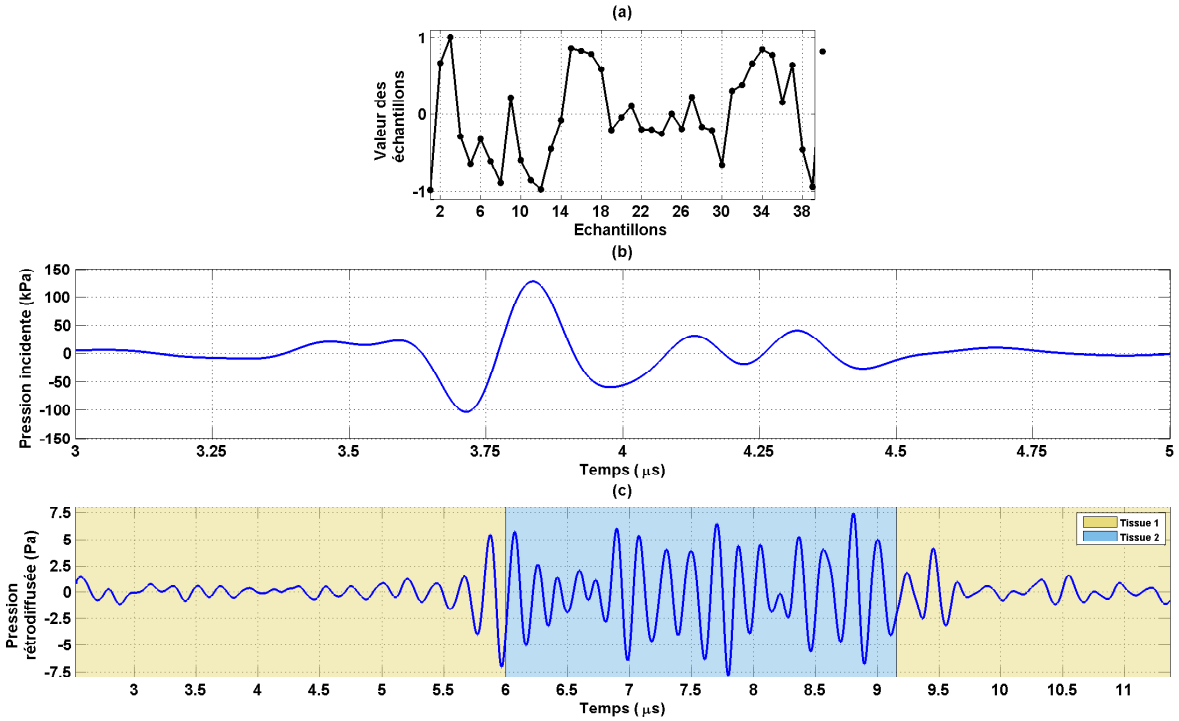
Simulation du système d'imagerie

- Transducteur centré à $f_c = 4$ MHz
- Propagation non-linéaire : méthode pseudo-spectrale
- Milieu dans lequel il y a une inclusion

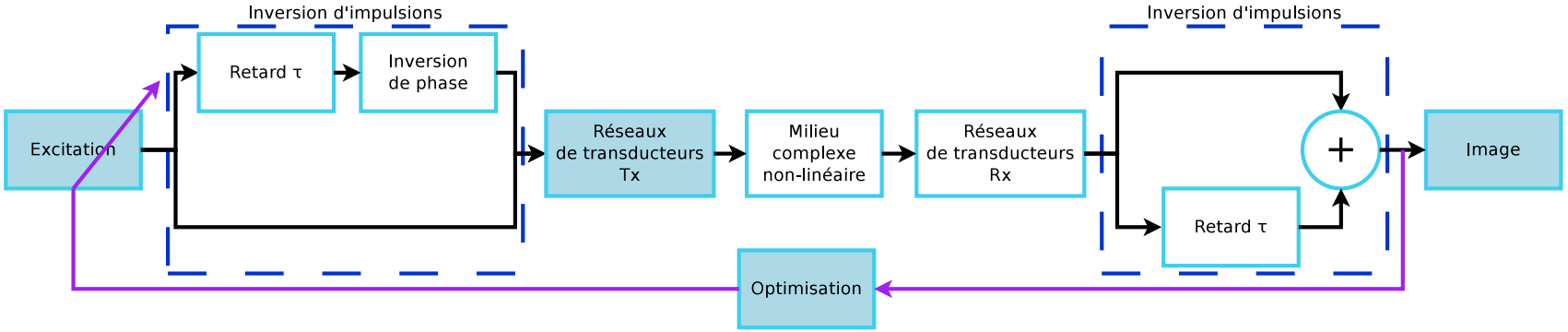
Commande discrète optimale pour l'imagerie harmonique de tissus

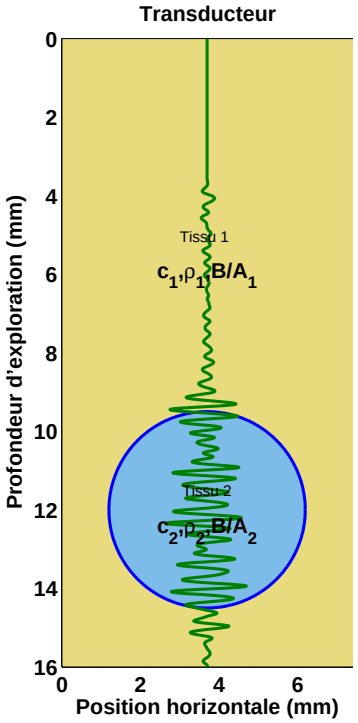


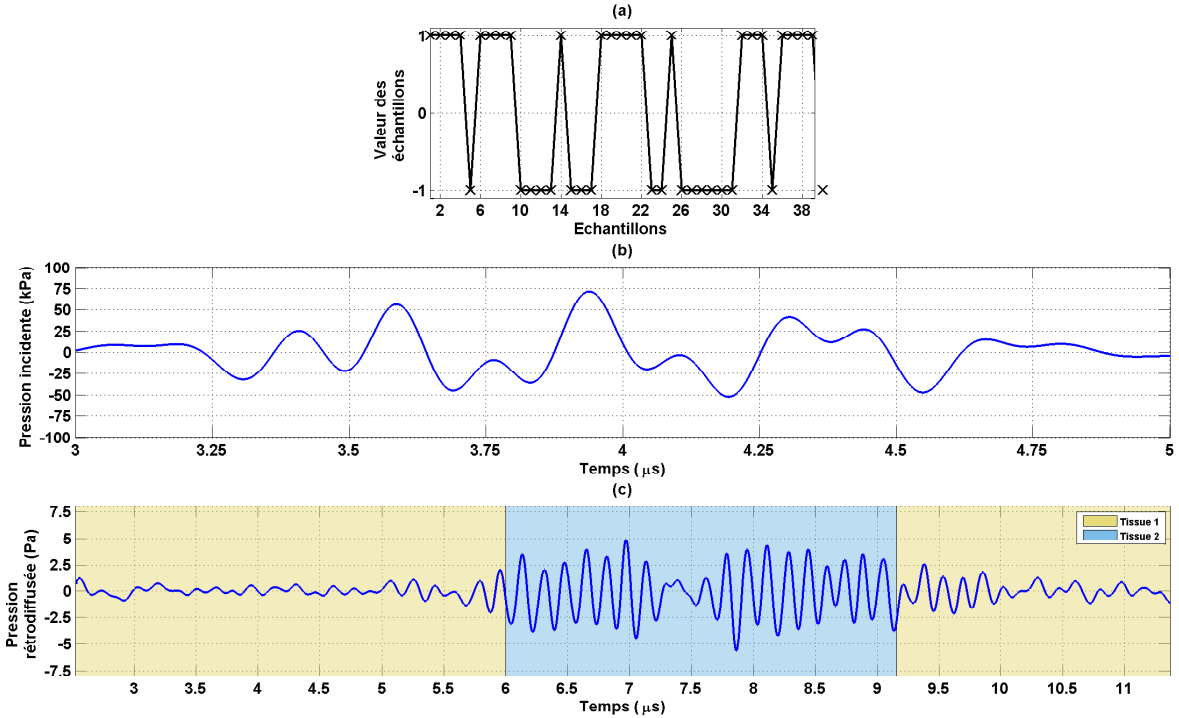




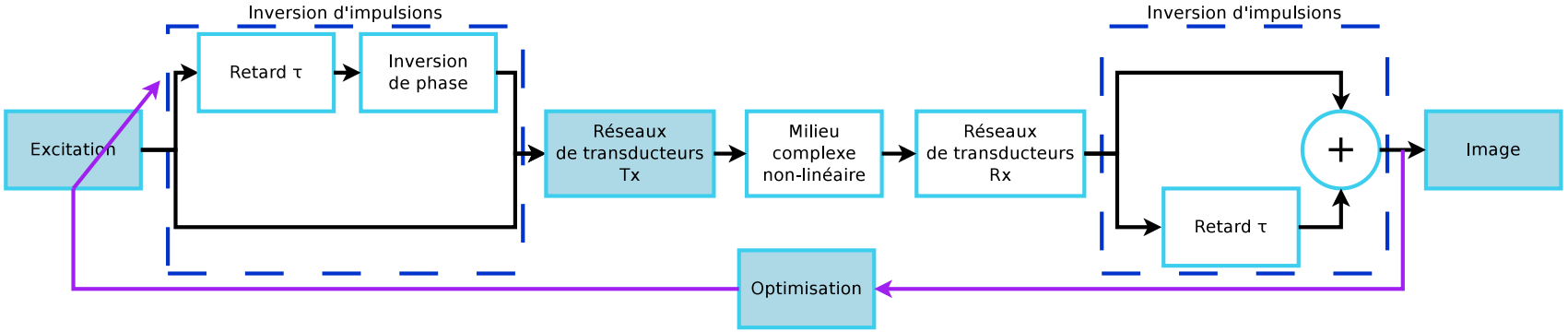
Commande binaire optimale pour l'imagerie harmonique de tissus

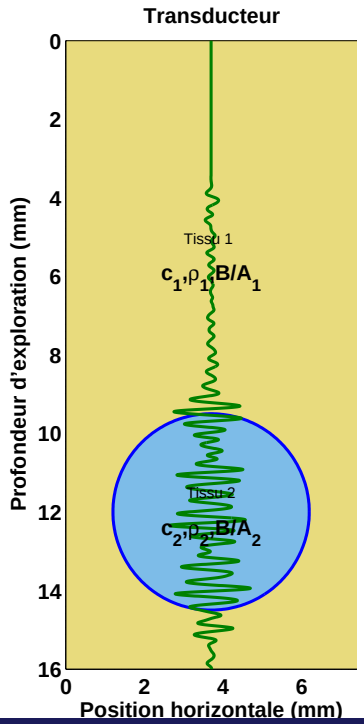


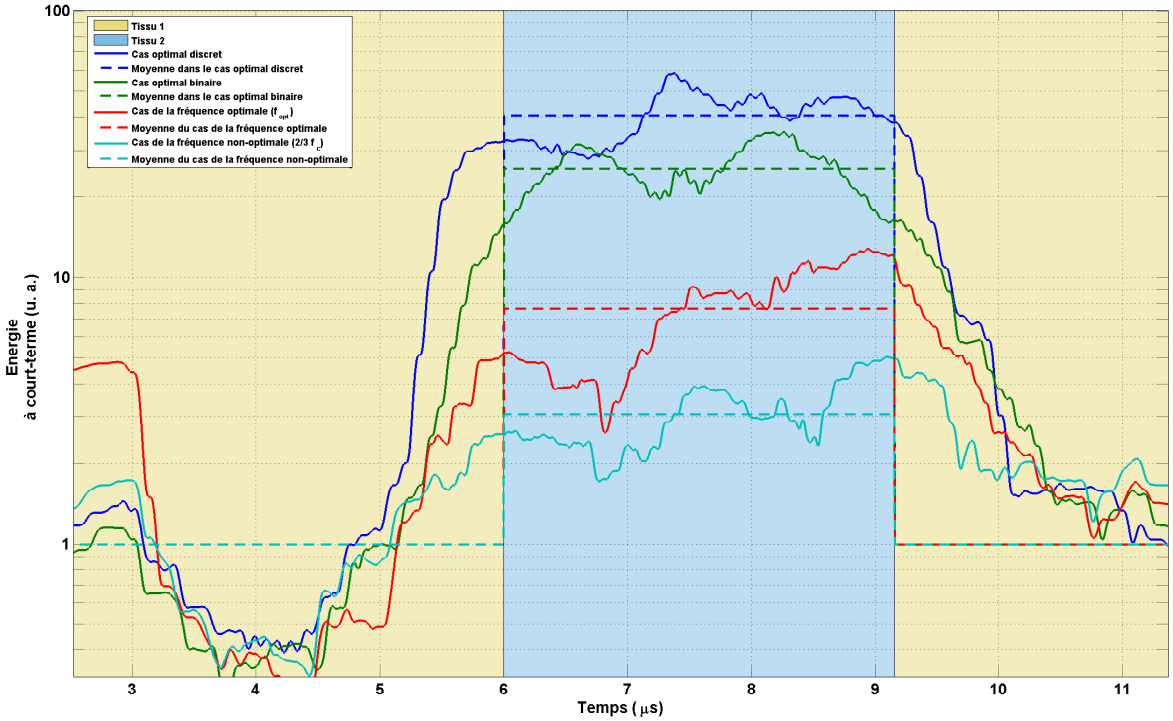




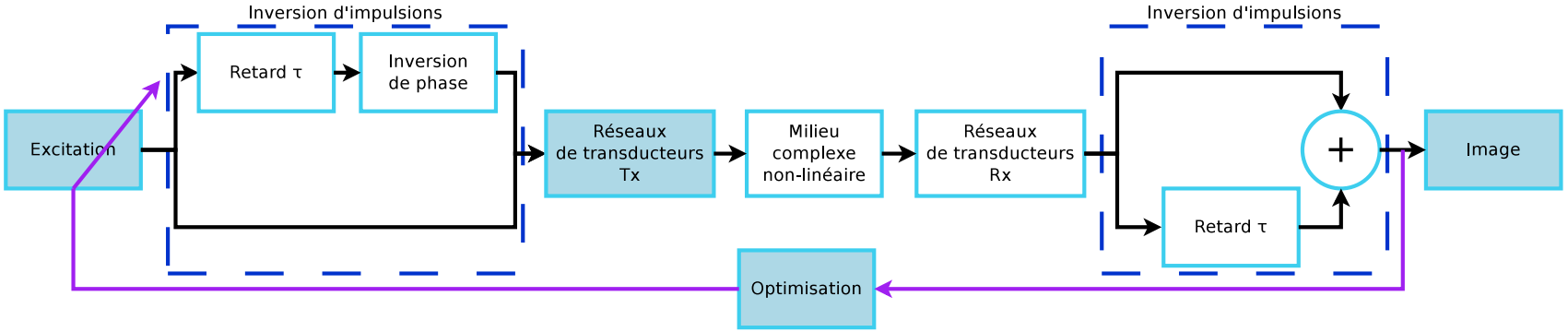
Énergie rétrodiffusée à court-terme

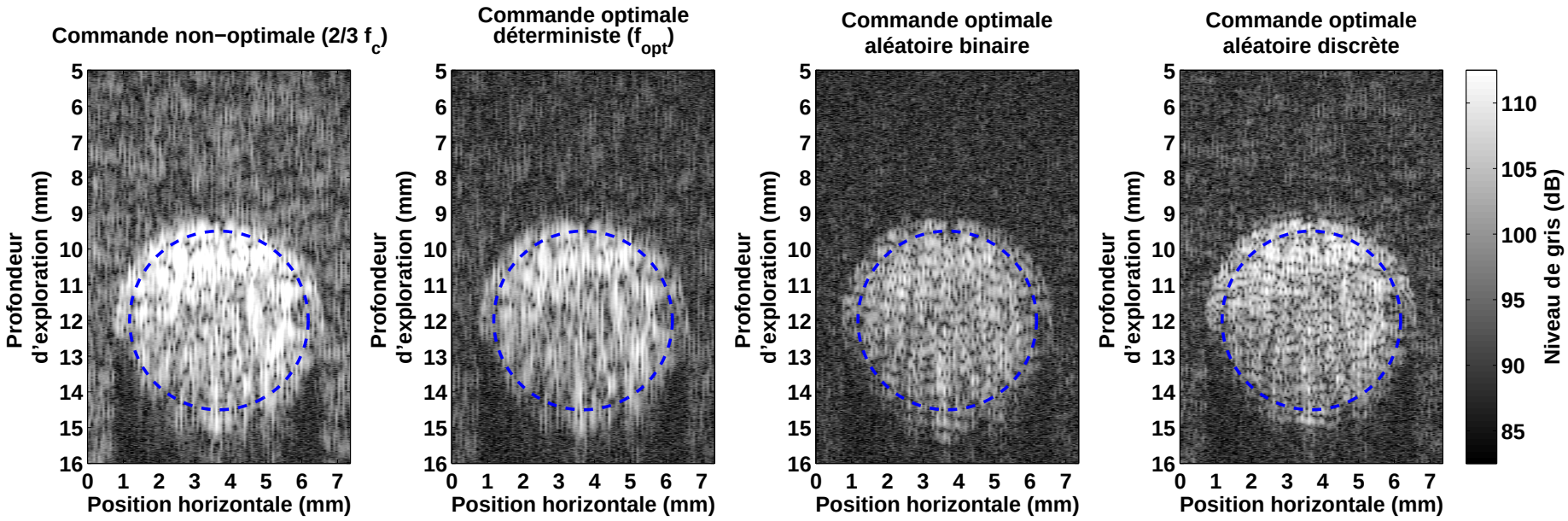






Images synthétiques





Commande optimale en imagerie harmonique de contraste

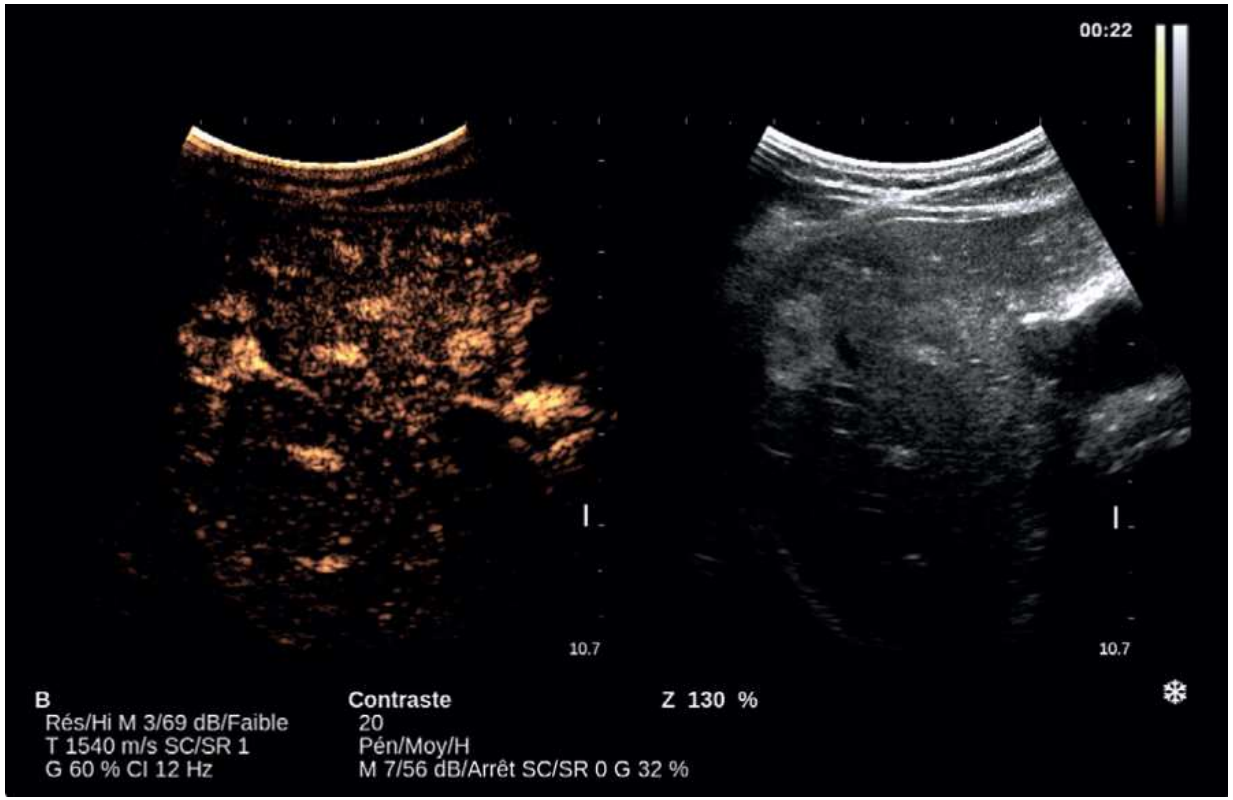
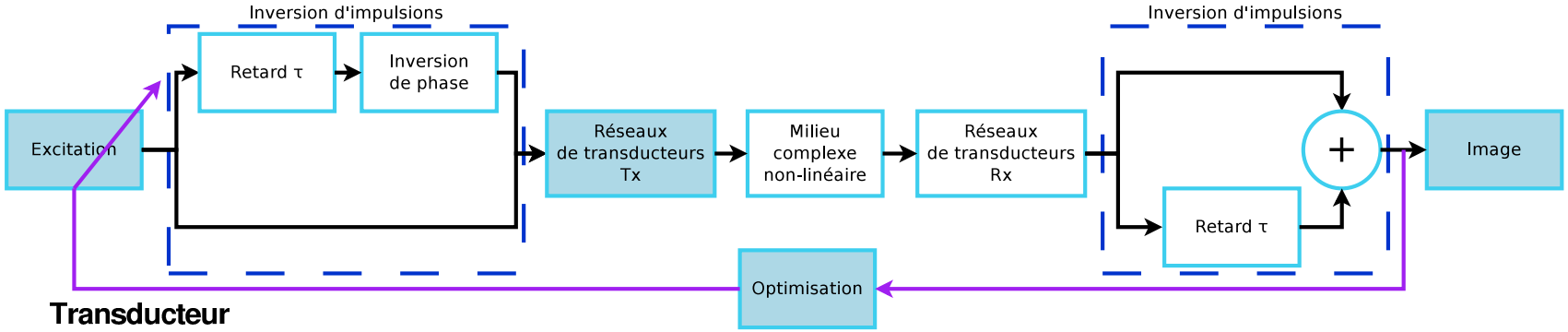
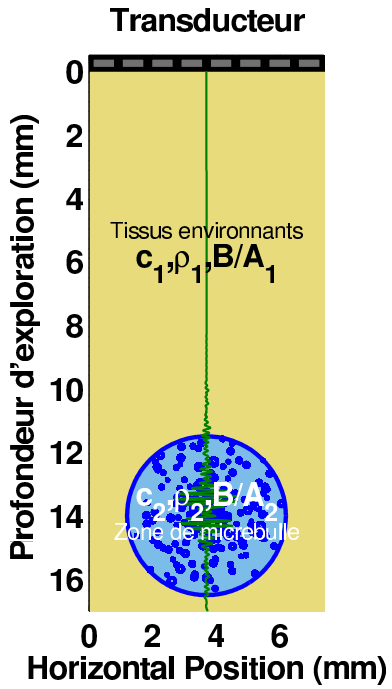


Image du foie — A : Image harmonique de contraste / B : Image harmonique

Imagerie par inversion d'impulsions et milieu à explorer

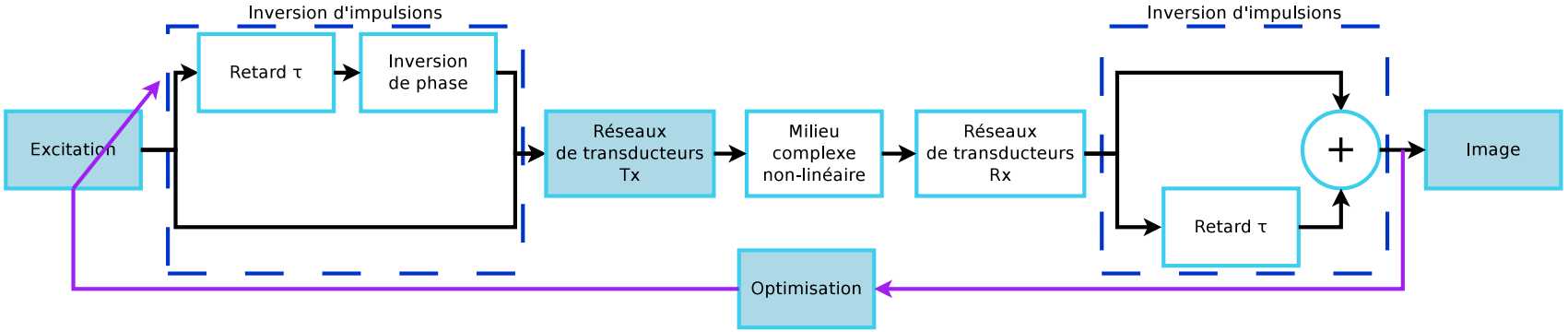


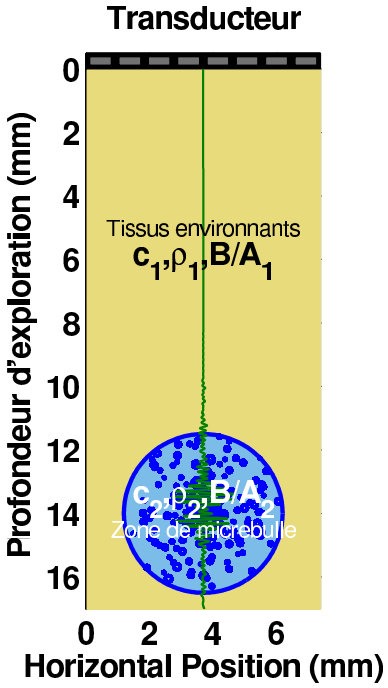


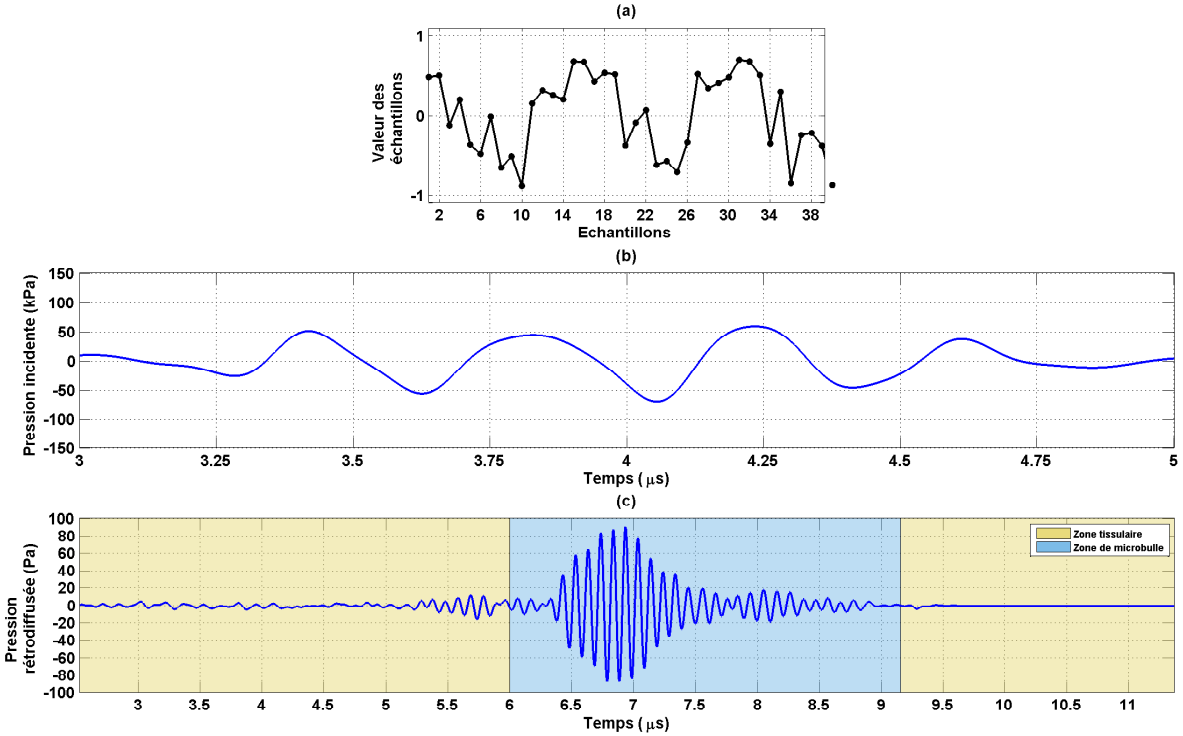
Simulation du système d'imagerie par inversion d'impulsions

- Transducteur centré à $f_c = 4$ MHz
- Propagation non-linéaire : méthode pseudo-spectrale
- Milieu avec une zone de produit de contraste
- Microbulle : modèle de Marmottant
- Plusieurs microbulles réparties dans une zone pour avoir une dilution de 1/2000

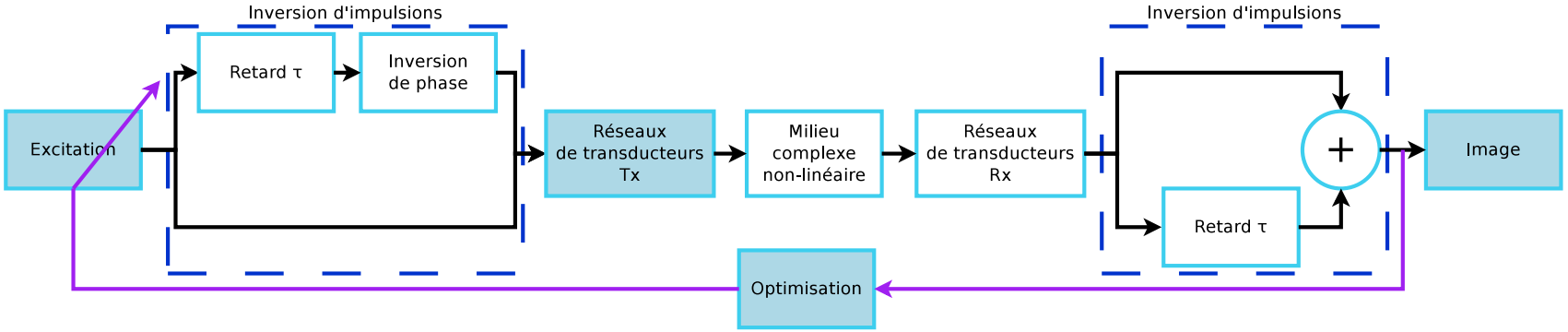
Commande discrète optimale pour l'imagerie harmonique de contraste

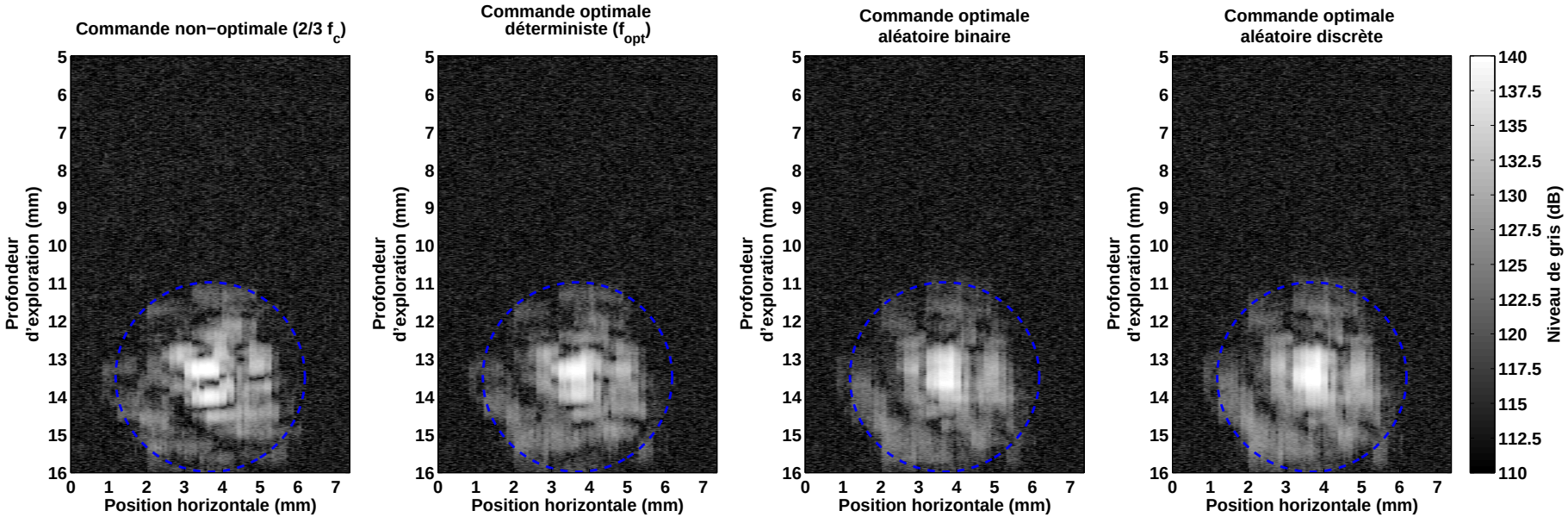






Images synthétiques





Conclusion & Perspectives

Conclusion

- Excitation aléatoire $\rightarrow$ pas d'hypothèse sur la forme d'onde optimale
- Optimisation sans connaissance *a priori* du milieu
- Réglage automatique et optimale de la commande
- Généralisation du concept de retournement temporel pour l'imagerie non-linéaire

Perspectives

- Réduction du nombre d'excitations aléatoires en éliminant celles hors-bandes
- Applications expérimentales

Merci de votre attention

Sébastien Ménigot & **Jean-Marc Girault**

sebastien.menigot@univ-tours.fr jean-marc.girault@univ-tours.fr