

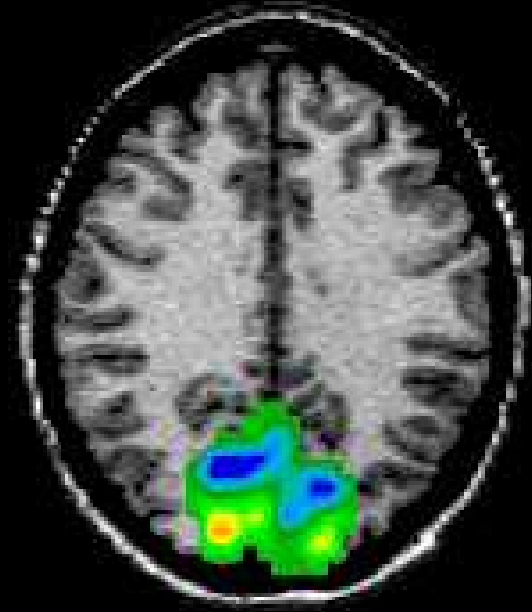
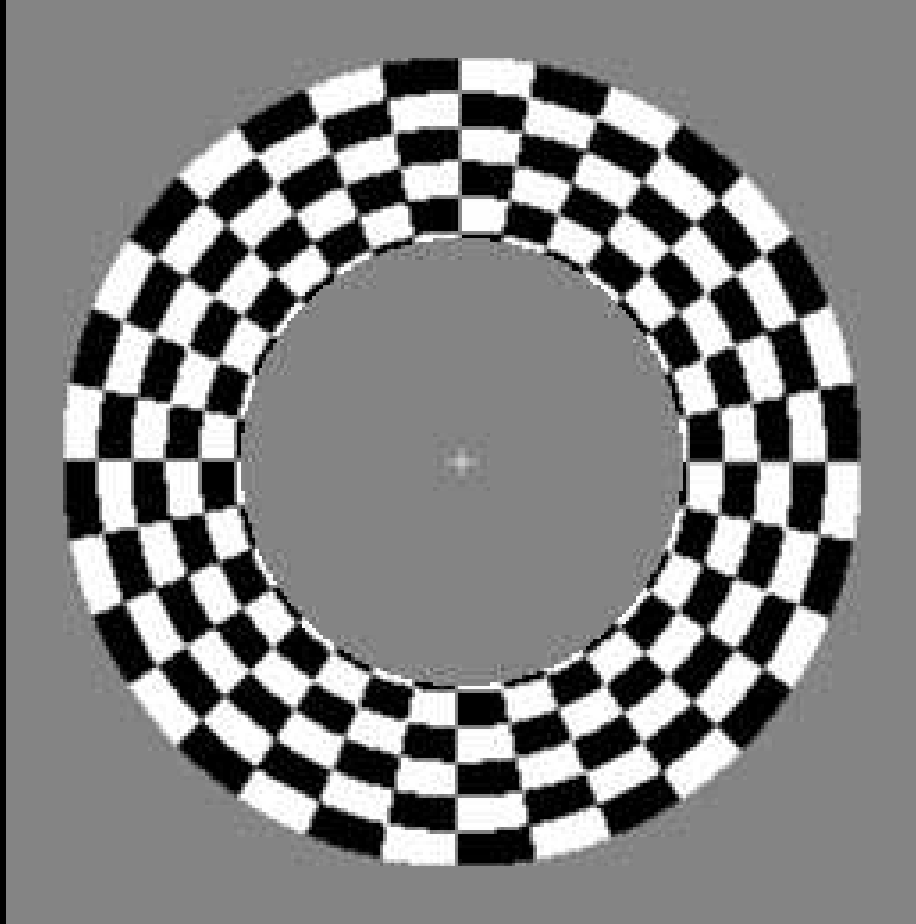
## Habib Benali, PhD

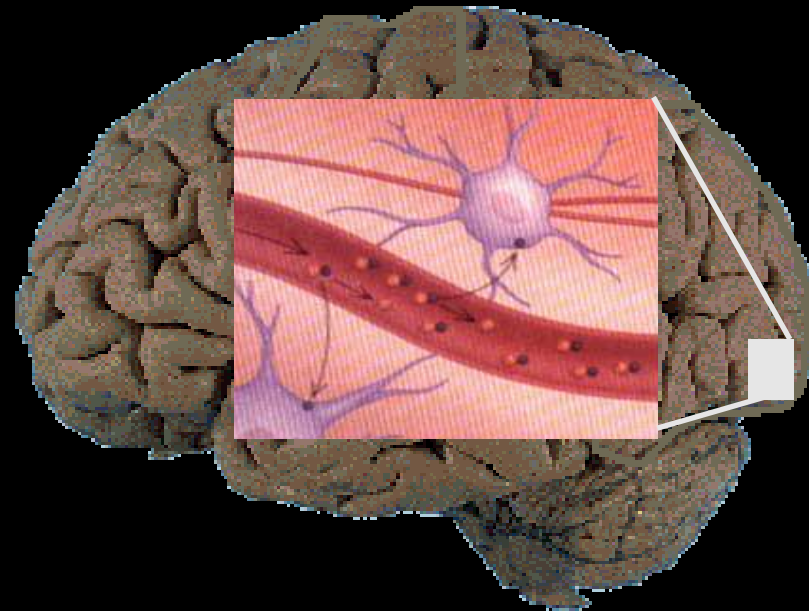
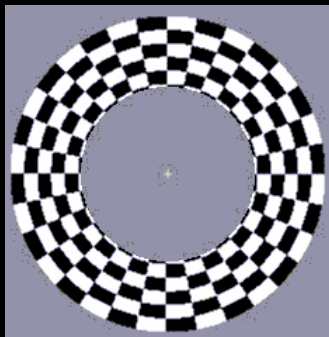
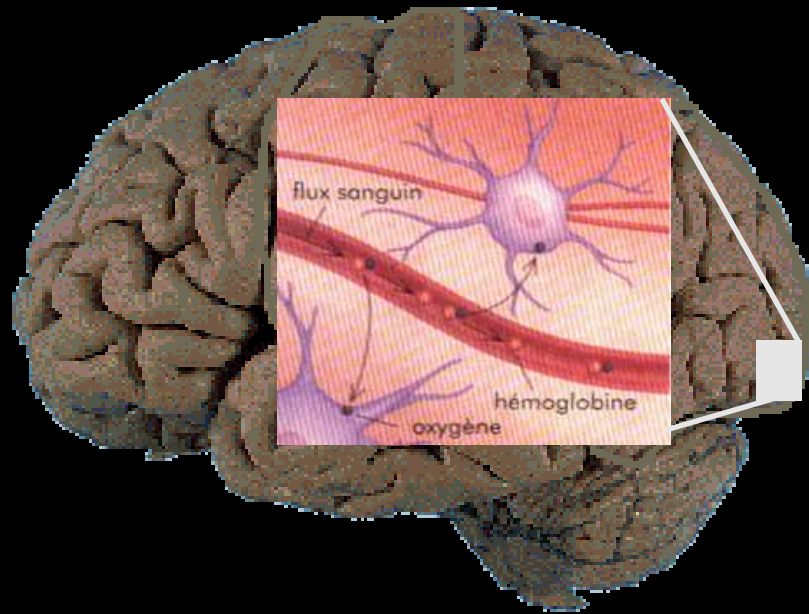
INSERM U678, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, UPMC – Paris 6, France  
Centre de Recherches Mathématiques, Unité de Neuroimagerie Fonctionnelle, Centre de  
Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal, Université de Montréal,  
Montréal, Canada

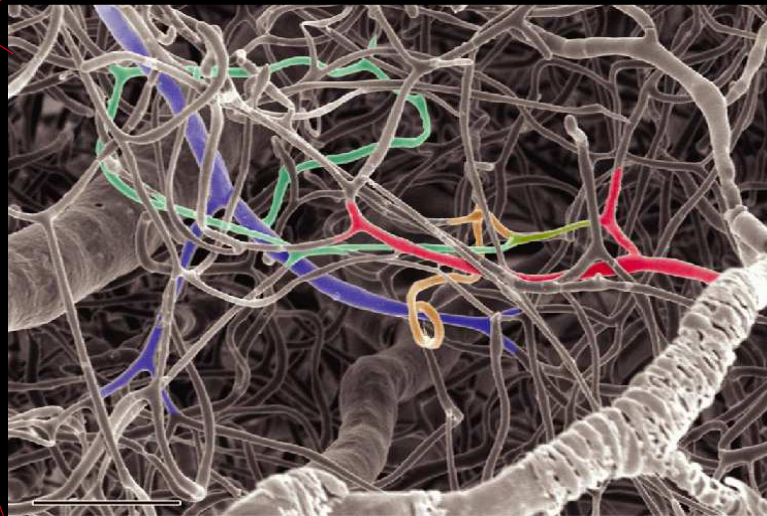
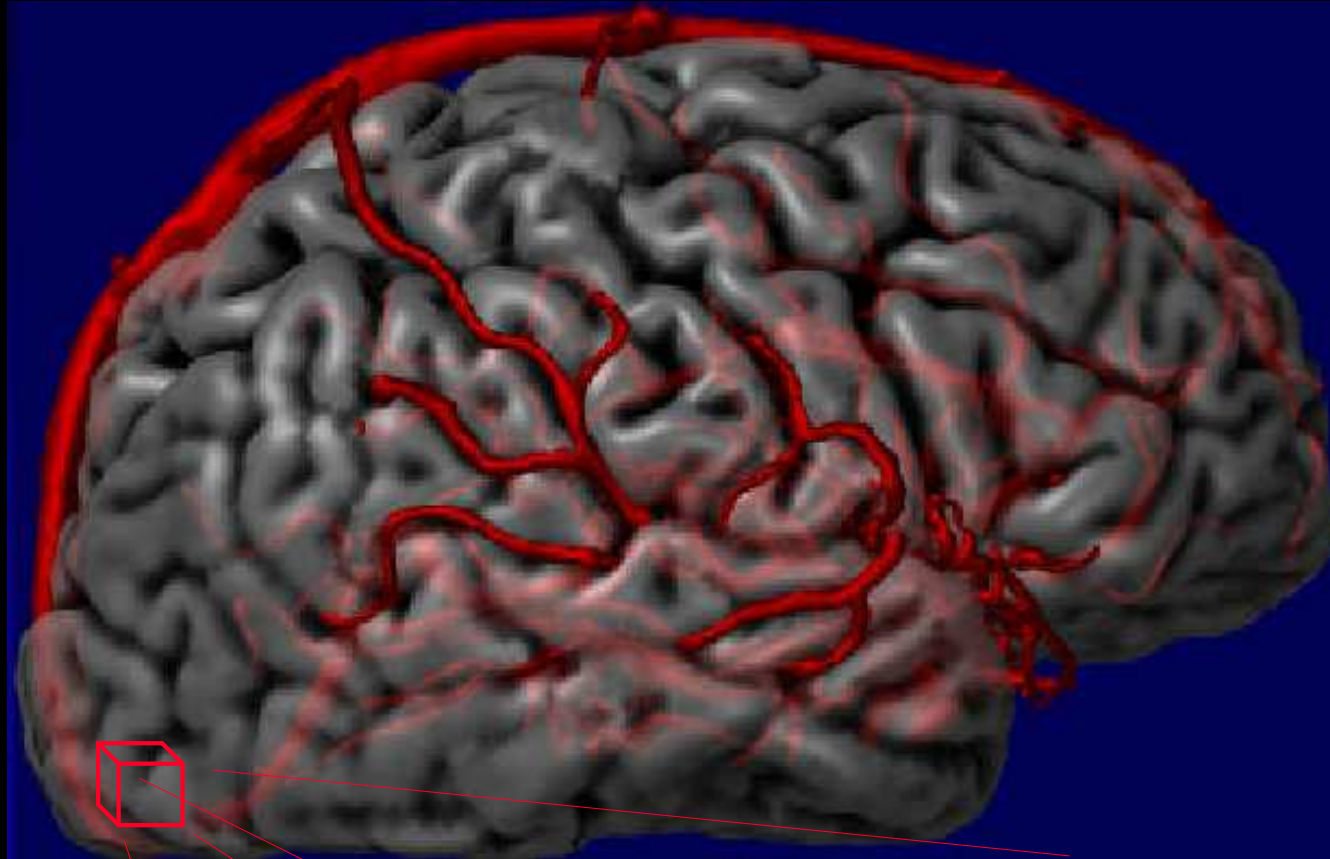
[habib.benali@imed.jussieu.fr](mailto:habib.benali@imed.jussieu.fr)

<http://www.imed.jussieu.fr>

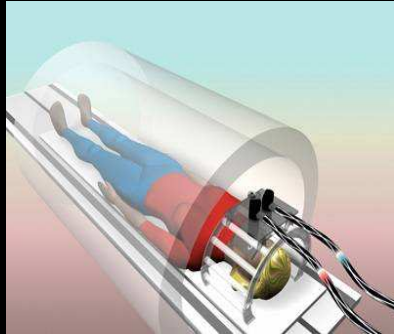








# Modèles de couplages entre activité, métabolisme et hémodynamiques



fMRI



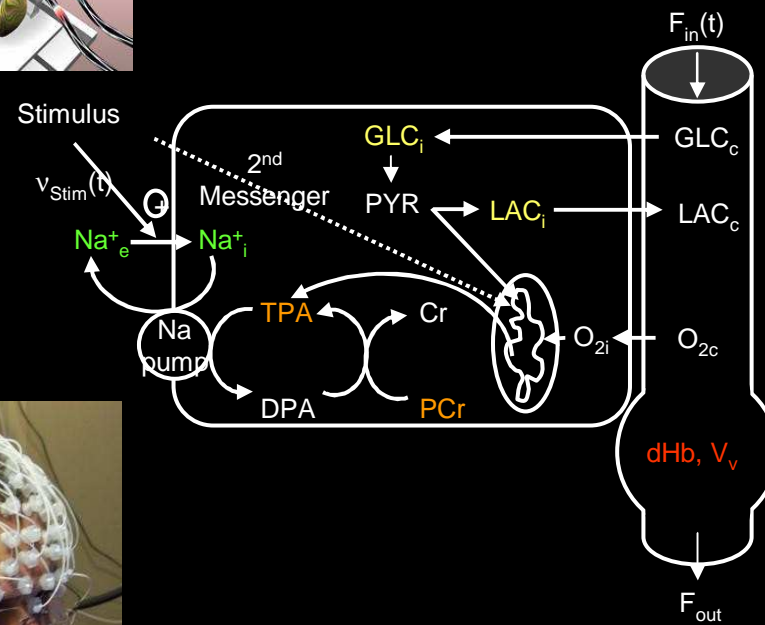
optical imaging



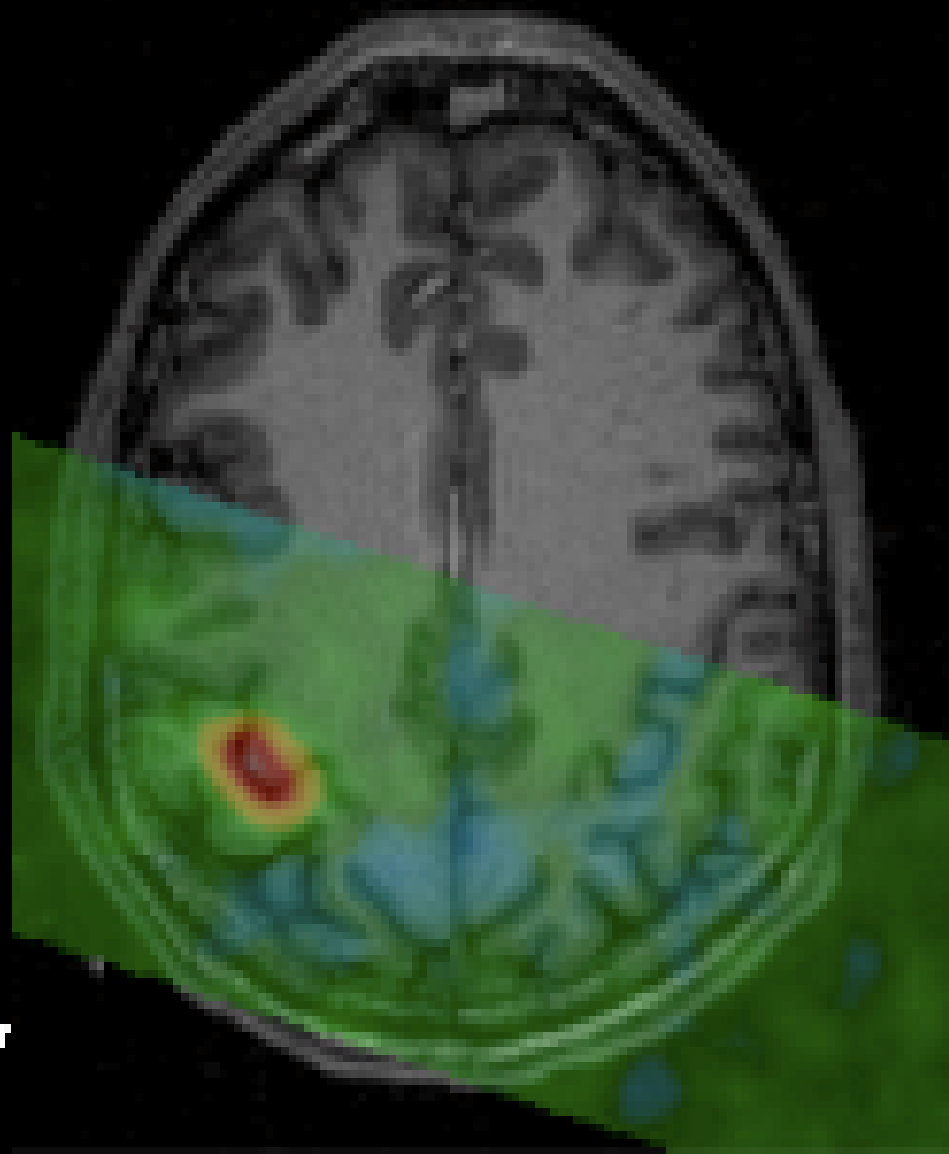
EEG



MEG





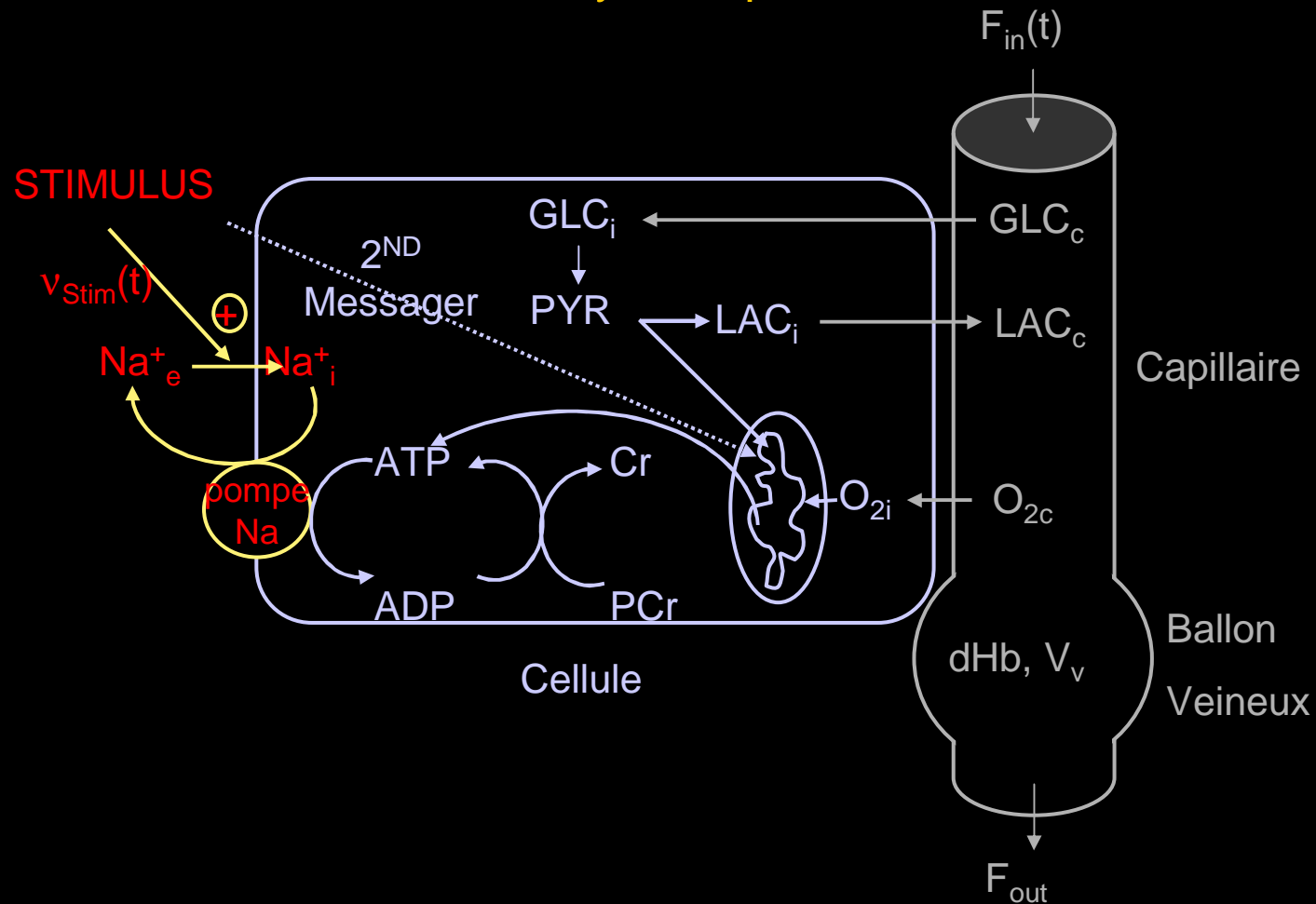


7



# Modélisation de l'effet BOLD : problème direct

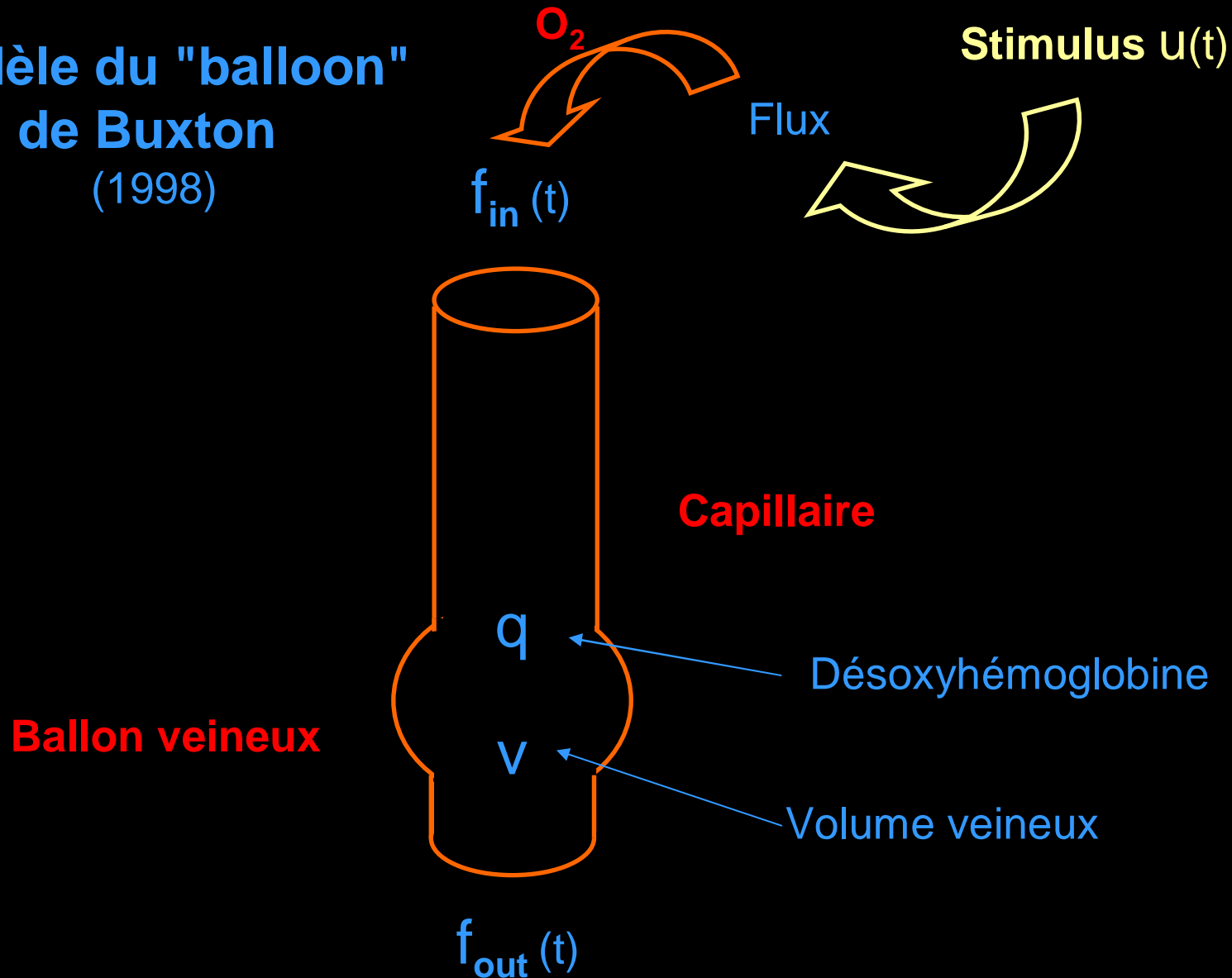
## Modèles du couplage entre activité, métabolisme et hémodynamique



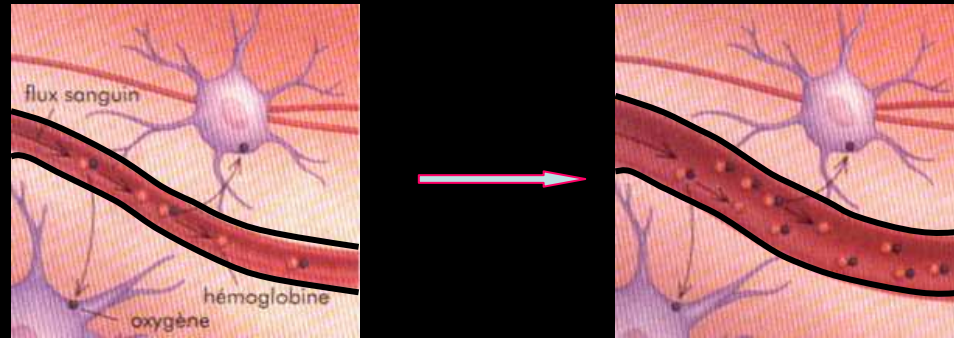
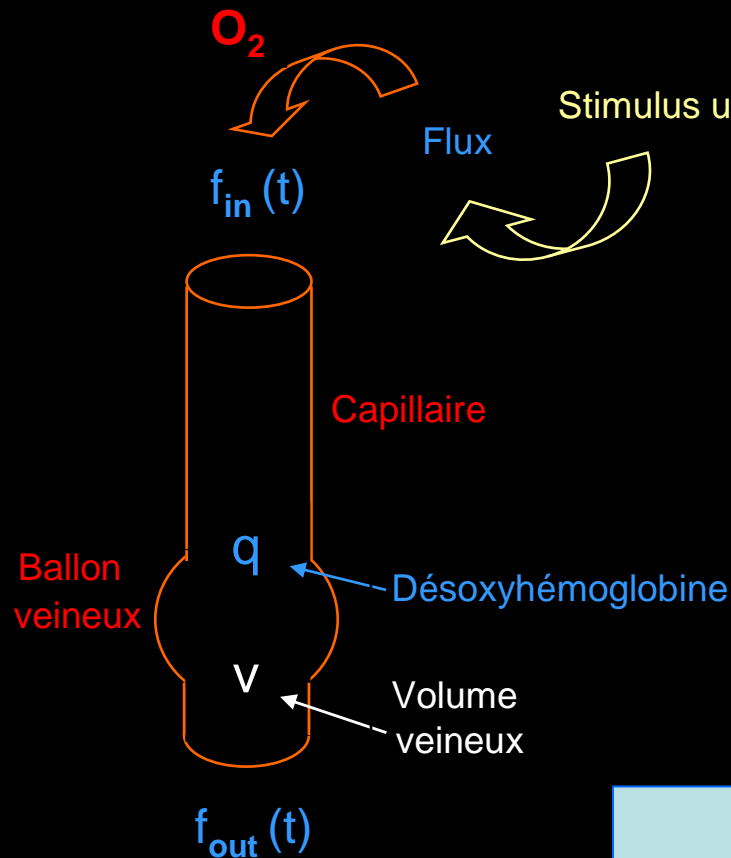


# Modélisation de l'effet BOLD : problème direct

**Modèle du "balloon"  
de Buxton  
(1998)**



# Modélisation de l'effet BOLD : problème direct

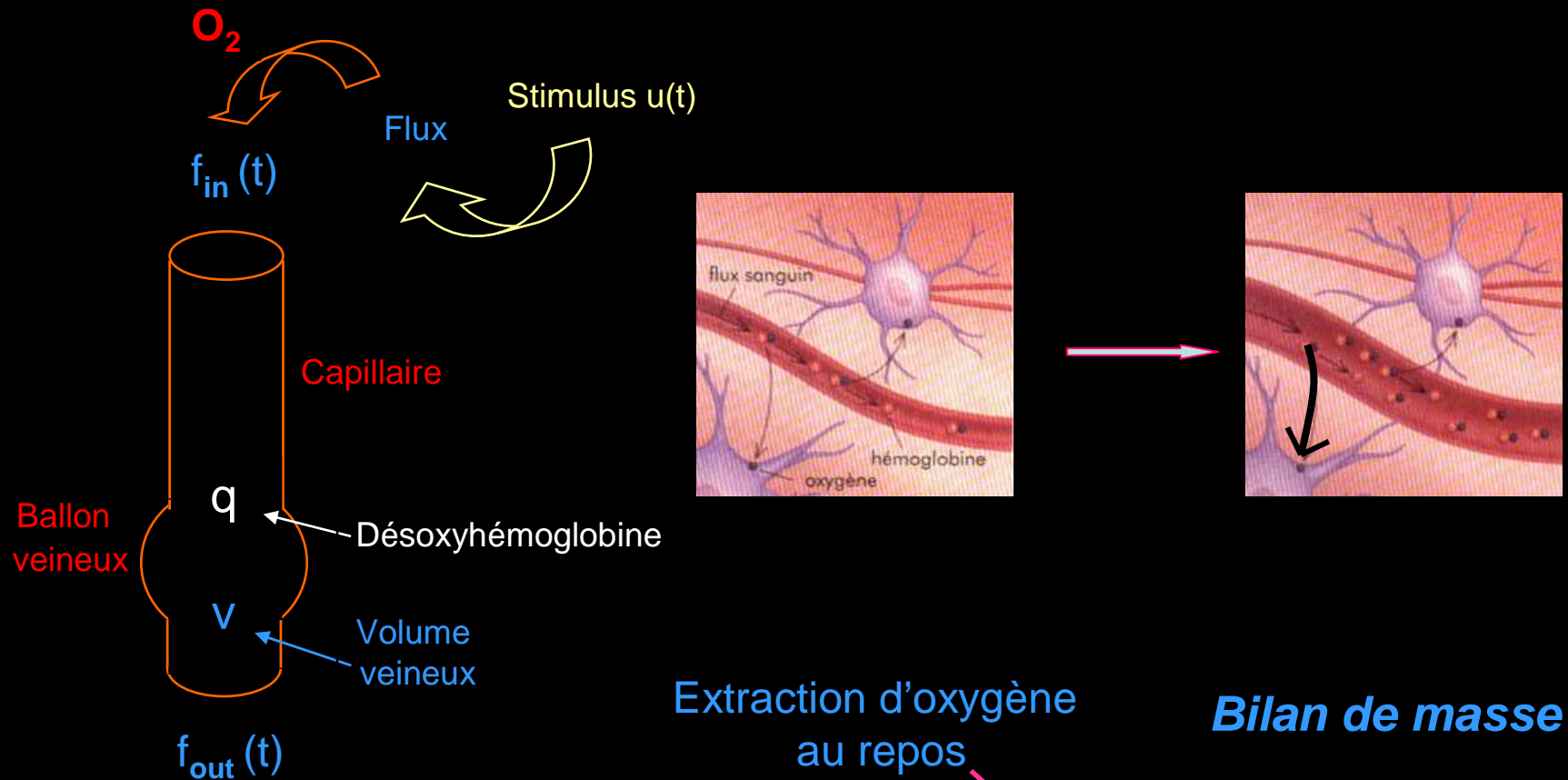


## Bilan sanguin

$$\dot{v} = \frac{1}{\tau_0} (f_{in} - f_{out})$$

$$v \frac{1}{\alpha}$$

# Modélisation de l'effet BOLD : problème direct



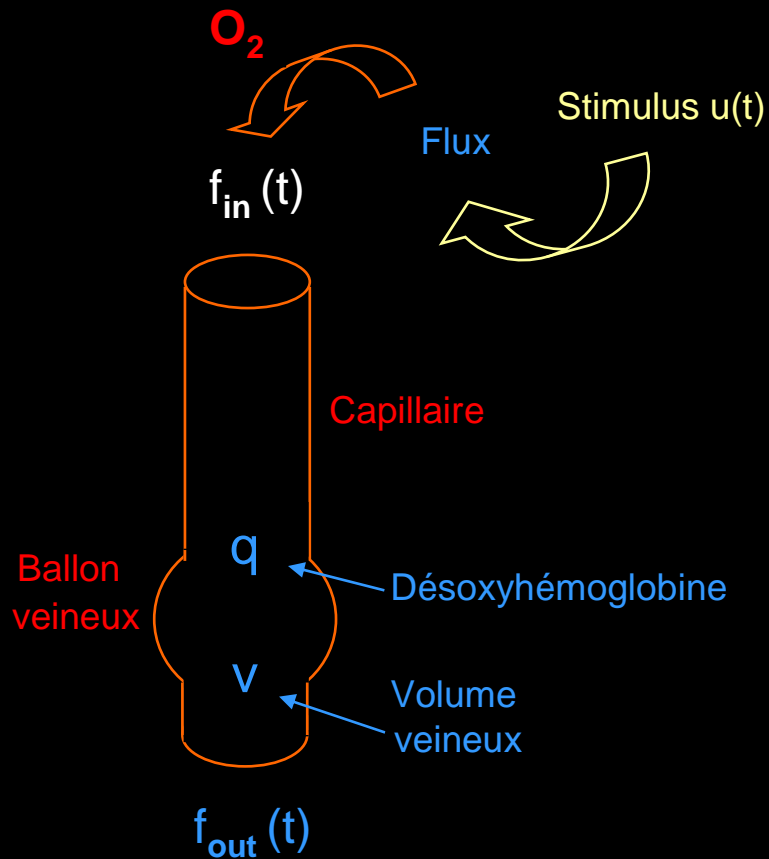
Extraction d'oxygène  
au repos

**Bilan de masse**

$$\dot{q} = \frac{1}{\tau_0} \left( f_{in} \frac{(1 - (1 - E_0)^{\frac{1}{f_{in}}})}{E_0} - q \cdot v^{\frac{1}{\alpha} - 1} \right)$$

# Estimation de paramètres : problème direct

## Modèle de Friston (2002)



Variation de flux

Activité neuronale

Rétrocontrôle du flux sur le signal

$$\ddot{f}_{in} = \epsilon u - \frac{\dot{f}_{in}}{\tau_s} - \frac{f_{in} - 1}{\tau_f}$$

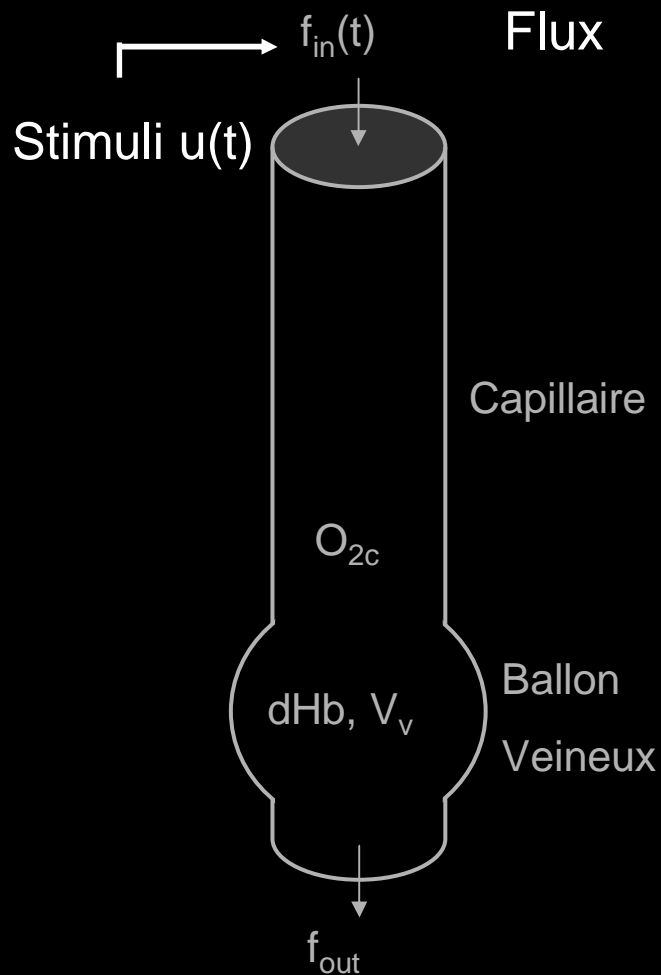
Efficacité à transformer

$u \rightarrow$  variation de flux

Amortissement du signal

# Estimation de paramètres : problème direct

## Le modèle 'physiologique'



## Modèle (Buxton, 1998, Friston, 2000)

$$\frac{d^2 f_{in}}{dt^2} = \epsilon u - \frac{1}{\tau_s} \frac{df_{in}}{dt} - \frac{1}{\tau_f} f_{in}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{\tau_0} (f_{in} - v^\alpha)$$

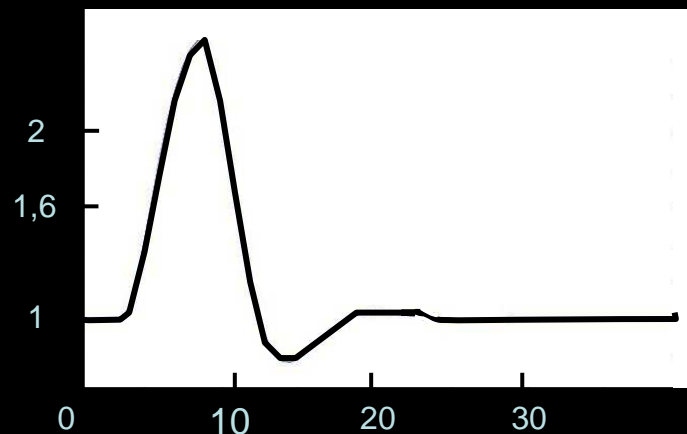
$$\frac{dq}{dt} = \frac{1}{\tau_0} \left( f_{in} \frac{(1 - (1 - E_0)^{\frac{1}{f_{in}}})}{E_0} - v^\alpha \frac{q}{v} \right)$$

## Estimation de paramètres : problème direct

Modèle de Buxton/Friston  $\longrightarrow$   $\tau_s, \tau_f, \varepsilon, E_0, V_0, \tau_0, \alpha$

Signal résultant de l'effet BOLD (Buxton)

$$y = V_0 \left[ 7 E_0 (1 - q) + 2 \left(1 - \frac{q}{v}\right) + (2 E_0 - 0,2)(1 - v) \right]$$



# Estimation de paramètres : problème inverse

**Problème direct**

$$\theta = (\tau_s, \tau_f, \varepsilon, E_0, V_0, \tau_0, \alpha) \xrightarrow{\text{---}} y(t) = f(\theta) + N(0, \sigma^2)$$



**Problème inverse**



Estimation des paramètres