

8<sup>èmes</sup> Journées  
Fiabilité des  
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES  
Aix-en-Provence,  
9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTaux  
ECCOREV  
DES RISQUES ENVIRONNEMENTaux



# Comportement mécanique des chevilles de fixation : approche numérique et propagation d'incertitudes

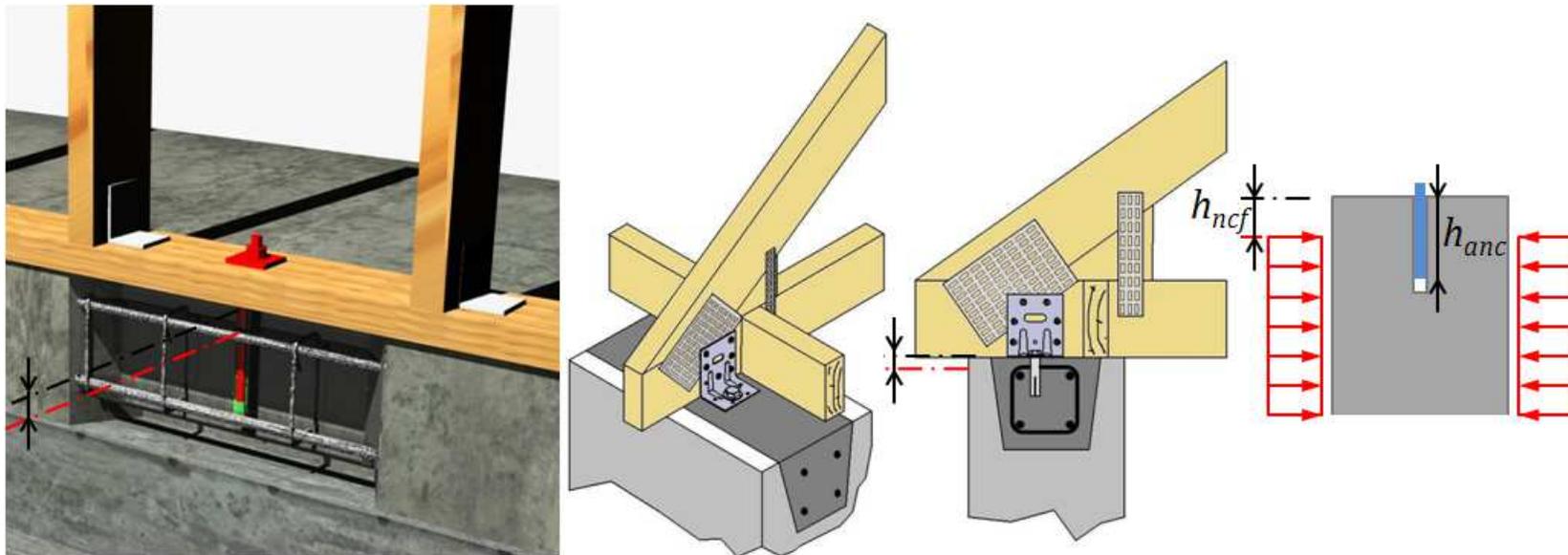
Edgardo Cicchinelli — *Philippe Bressolette* — Eric Fournely

*Clermont Université, Université Blaise Pascal  
Institut Pascal, BP 10448, 63000 Clermont-Ferrand, France  
CNRS, UMR 6602, Institut Pascal, 63171 Aubière, France*



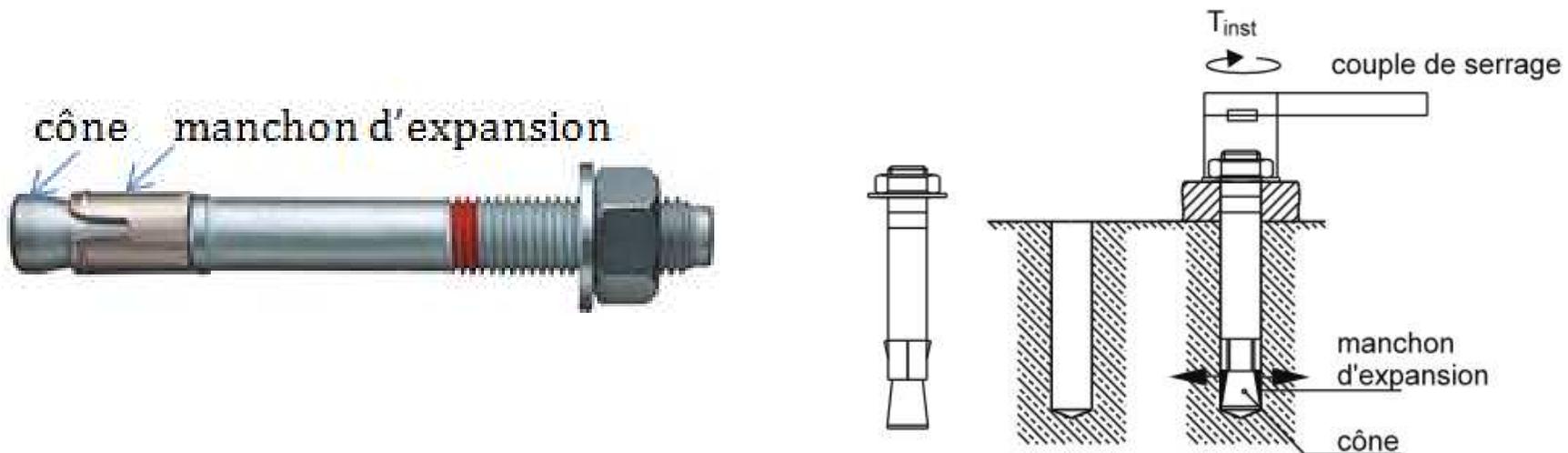
# Introduction

- Structures bois (charpentes, panneaux)  
⇒ ancrages par chevilles
- Ancrage dans béton efficace  
⇒ confinement (frettage – masse)



# Introduction

## Chevilles mécaniques à verrouillage de forme



Résistance lors de sollicitations (traction/cisaillement) ?

- essais expérimentaux (éprouvettes  $\phi 16...$ )
- variabilité



Modélisation probabiliste

# Plan

## Introduction

- Modélisation par éléments finis
  - Maillage
  - Phases de chargement
  - Résultats
- Modélisation probabiliste
  - Paramètres incertains / variables de contrôle
  - Approche proposée
  - Résultats

## Conclusions & perspectives

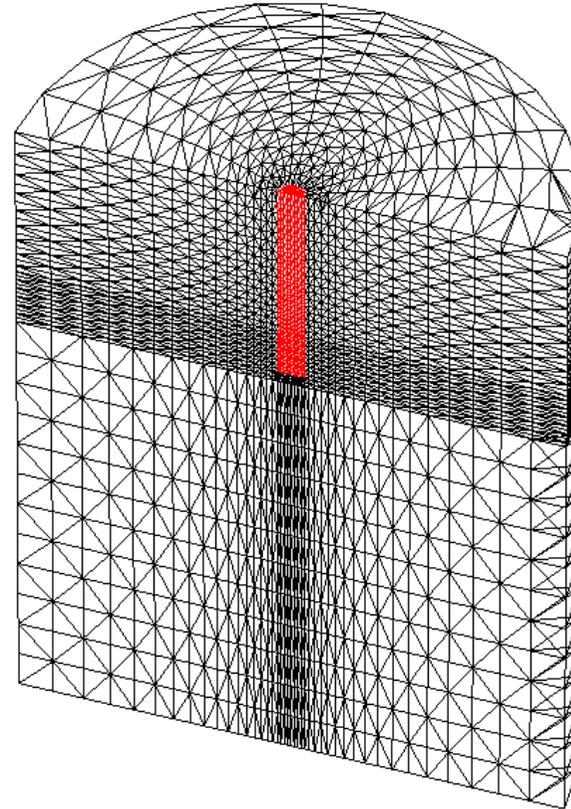
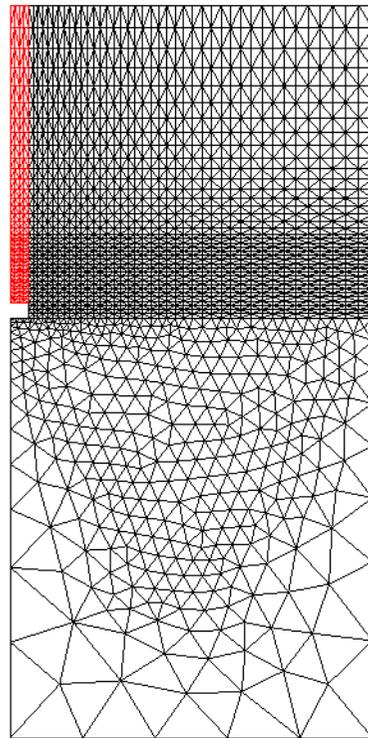
# Plan

## Introduction

- Modélisation par éléments finis
  - Maillage
  - Phases de chargement
  - Résultats
- Modélisation probabiliste
  - Paramètres incertains / variables de contrôle
  - Approche proposée
  - Résultats

## Conclusions & perspectives

# Modélisation par éléments finis



Béton : élastique endommageable (modèle de Mazars régularisé)

Acier : élastique

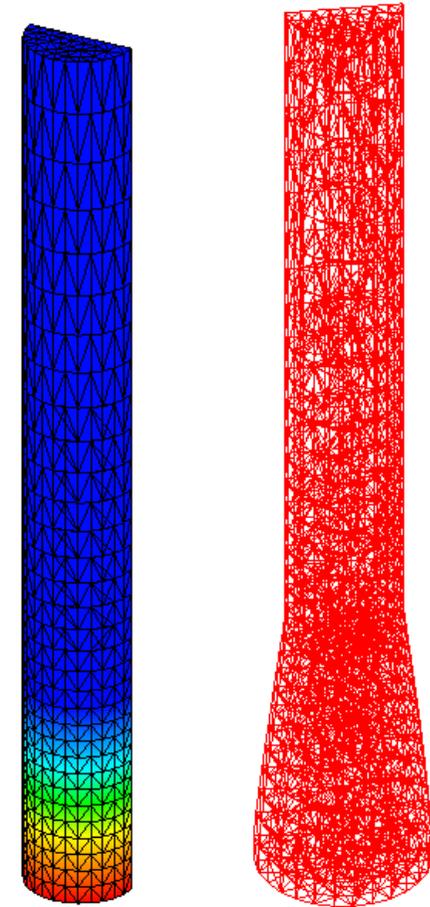
Interface : gestion du contact + frottement de Coulomb

# Modélisation par éléments finis

Confinement (fraction de la hauteur)

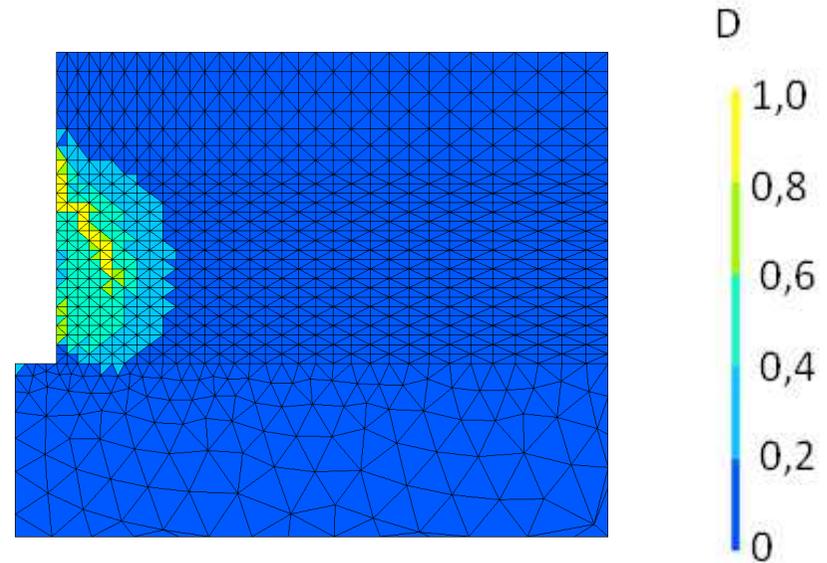
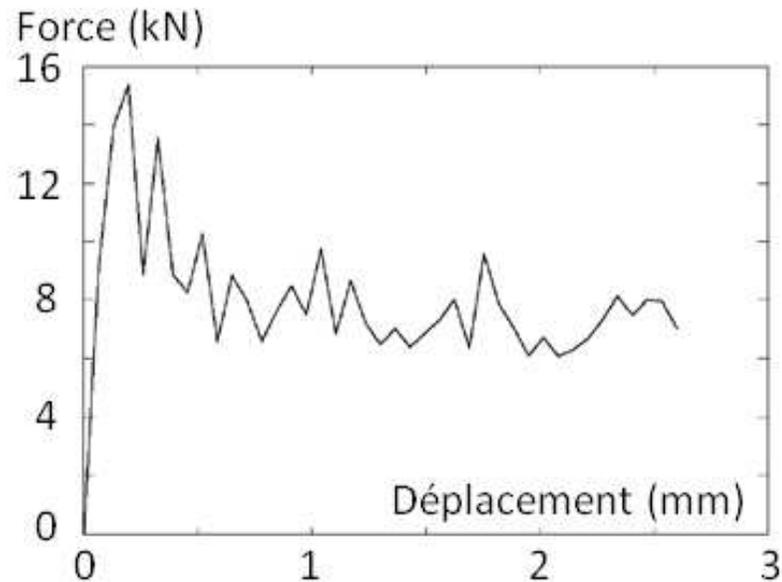
Chargement : 2 phases

- expansion (simulation thermique)
- arrachement : déplacement imposé



# Modélisation par éléments finis

## Résultats



# Plan

## Introduction

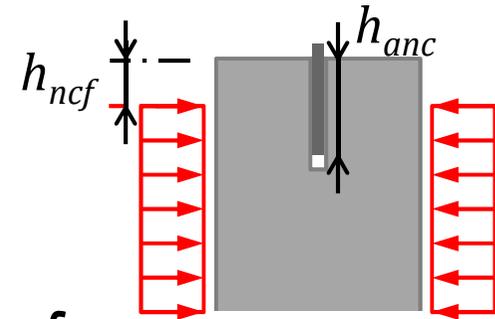
- Modélisation par éléments finis
  - Maillage
  - Phases de chargement
  - Résultats
- **Modélisation probabiliste**
  - Paramètres incertains / variables de contrôle
  - Approche proposée
  - Résultats

## Conclusions & perspectives

# Modélisation probabiliste

Paramètres incertains :

- profondeur d'ancrage  $h_{anc}$
- résistance en compression du béton  $f_c$
- température maximale  $T_{max}$
- hauteur non confinée  $h_{ncf}$



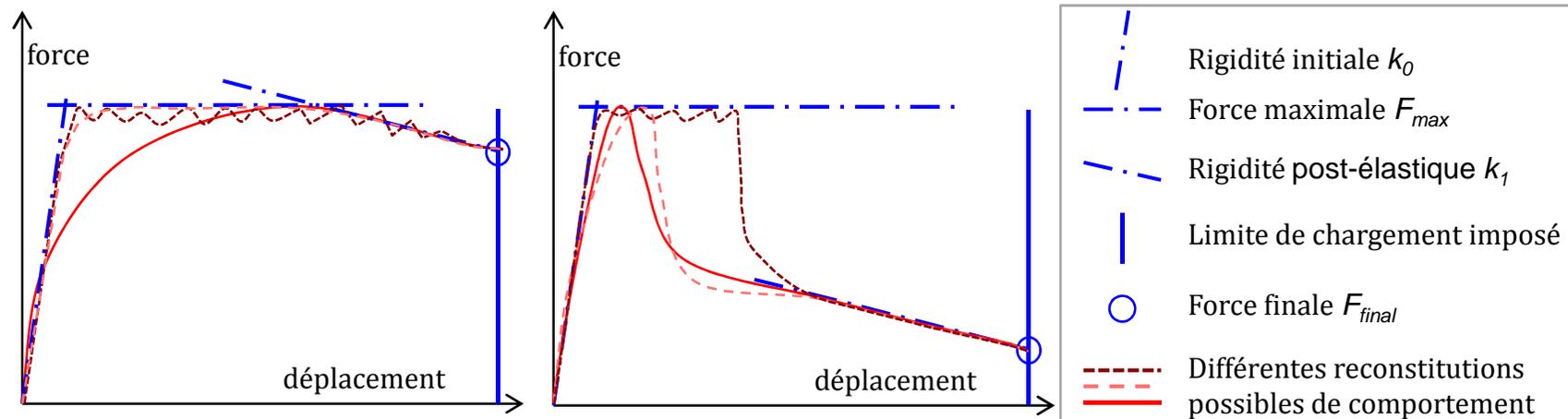
	$h_{anc}$	$f_c$	$T_{max}$	$h_{ncf}$
$M$	50 mm	29 MPa	1000 °C	50 mm
$CV$	0,20	0,10	0,05	0,08

(variables log normales indépendantes)

# Modélisation probabiliste

Variables de contrôle :

- force maximale  $F_{max}$
- rigidité initiale  $k_0$
- force finale  $F_{final}$
- rigidité post-élastique  $k_1$
- volume endommagé relatif  $V_{dom}$



# Modélisation probabiliste

Approche probabiliste proposée :

- *collocation stochastique*
  - moments statistiques
  - surface de réponse (densité de probabilité)
- *analyse de sensibilité globale*
  - indices de Sobol
  - simulations de Monte-Carlo (surface de réponse)*

# Modélisation probabiliste

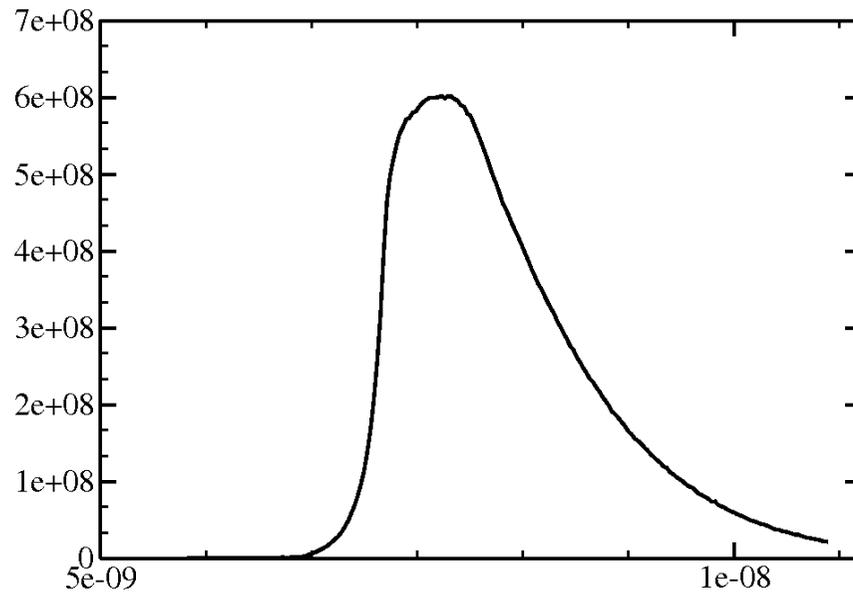
*Moyennes et coefficients de variation*

	$F_{max}$	$k_0$	$F_{final}$	$k_1$	$V_{dom}$
$M$	16503 N	$8,21 \cdot 10^{-9}$ N/m	10089 N	$-1,34 \cdot 10^6$ N/m	0,09 %
$CV$	0,07	0,10	0,25	1,26	0,50

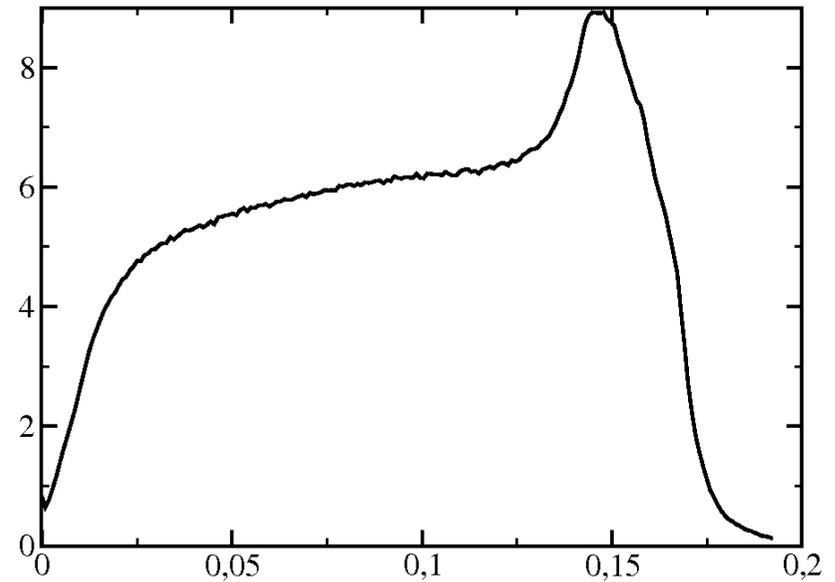
(4 points de collocation)

# Modélisation probabiliste

## *Densités de probabilité*



$k_0$



$V_{dom}$

# Modélisation probabiliste

*Indices de Sobol (cas de la rigidité initiale  $k_0$ )*

Ordre 1	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
	0,96	$1,73 \cdot 10^{-3}$	$6,93 \cdot 10^{-2}$	$3,29 \cdot 10^{-2}$

Ordre 2	$S_{12}$	$S_{13}$	$S_{14}$	$S_{23}$	$S_{24}$	$S_{34}$
	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$4,9 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$

Ordre 3	$S_{123}$	$S_{124}$	$S_{134}$	$S_{234}$
	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$6,9 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$

$$(X_1 = h_{anc}, X_2 = f_c, X_3 = T_{max}, X_4 = h_{ncf})$$

# Plan

## Introduction

- Modélisation par éléments finis
  - Maillage
  - Phases de chargement
  - Résultats
- Modélisation probabiliste
  - Paramètres incertains / variables de contrôle
  - Approche proposée
  - Résultats

## Conclusions & perspectives

# Conclusions & perspectives

- Modélisation numérique simple (traction/cisaillement)
  - ✓ évolution force-déplacement
  - ✓ endommagement
- Analyse probabiliste (traction pour l'instant)
  - ✓ faible coût
  - ✓ métamodèle
  - ✓ moments statistiques, densités...
  - ✓ analyse de sensibilité
- Hiérarchisation des paramètres d'entrée
  
- Poursuite des analyses (cisaillement)
- Campagne expérimentale (poutres avec armatures)

8<sup>èmes</sup> Journées  
Fiabilité des  
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES  
Aix-en-Provence,  
9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTaux  
ECCOREV  
pour  
ET RISQUES ENVIRONNEMENTaux



# Comportement mécanique des chevilles de fixation : approche numérique et propagation d'incertitudes

Edgardo Cocchinelli — *Philippe Bressolette* — Eric Fournely

*Clermont Université, Université Blaise Pascal  
Institut Pascal, BP 10448, 63000 Clermont-Ferrand, France  
CNRS, UMR 6602, Institut Pascal, 63171 Aubière, France*

