

# Développement d'une sonde endo karstique pour l'acquisition in-situ haute résolution de données hydrodynamiques et hydro chimiques

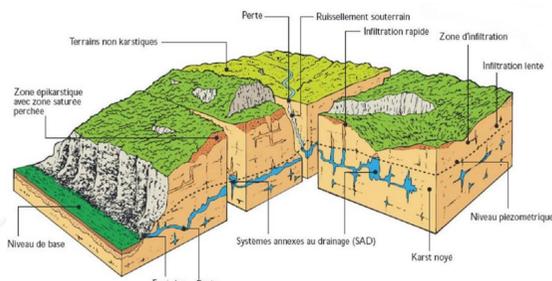
N. Troesch [1][2], A. Vena [1], S. Pistre [2], Y. Elkaim [1], P. Combette [1]

[1] : Institut d'Electronique et des Systèmes (IES) – UMR 5214 [2] : HydroSciences Montpellier – UMR 5569

**INTRODUCTION :** Afin de faire face aux pressions climatiques et anthropiques à venir, il est indispensable de proposer des outils d'ingénierie permettant la reconnaissance et la gestion des réservoirs karstiques. En effet, les réservoirs karstiques alimentent 25 % de la population mondiale en eau potable. Cependant, leurs exploitations pourraient dans de nombreux cas être améliorées notamment sur les rives de la Méditerranée. Depuis 50 ans, la compréhension des processus qui contrôlent leur fonctionnement a très largement progressé, mais des obstacles majeurs demeurent liés à la caractérisation de leur structure interne et à l'organisation des écoulements. Aujourd'hui, la reconnaissance de ces conduits se limite à l'utilisation de traceurs artificiels donnant une vitesse "à vol d'oiseau", ou à l'exploration en plongée qui ne peut concerner qu'une infime partie des conduits. Notre travail consiste au développement d'une sonde permettant l'acquisition de données d'hydrogéologie comme la géométrie des drains, l'évolution de la qualité de l'eau ou des vitesses d'écoulement, avec comme objectif de pouvoir obtenir, grâce aux données recueillies une topologie du drain ainsi que certains paramètres de l'écoulement et du fluide qui le parcourt.

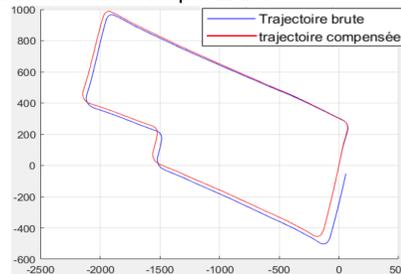
## Objectif : Capsule instrumentée

- ❑ Se frayer un chemin à travers des réseaux complexes
- ❑ Mesures des éléments environnants
- ❑ Reconstruction de parcours :
  - Centrale inertielle
  - Capteurs de proximités
  - Mesures de vitesses
  - Mesures de pressions



### Centrale inertielle

#### ➤ Reconstitution de parcours



### Détection des parois

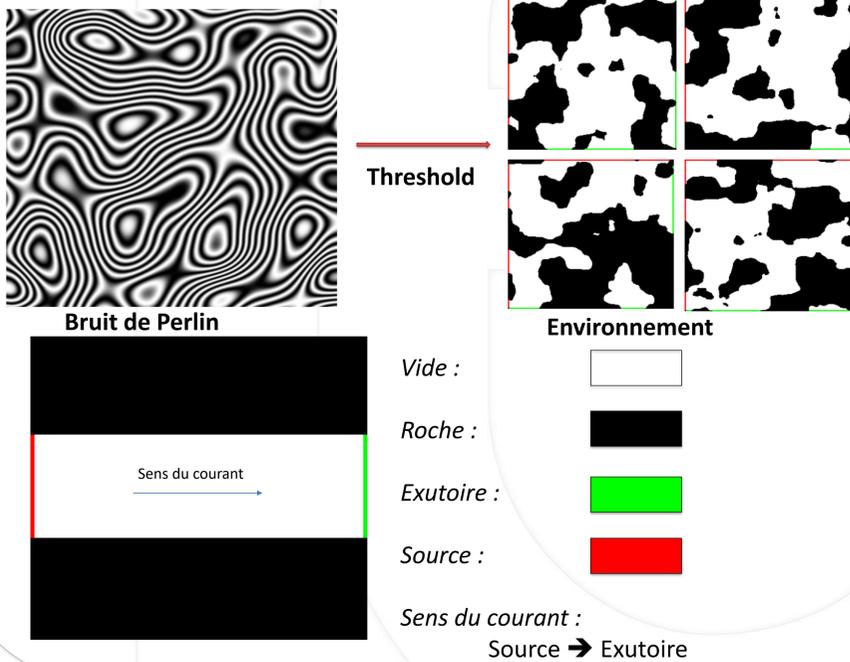
- Récupération de la vitesse absolue de la capsule.
- Information sur la proximité des paroi

### Mesure environnante :

- Température
- Turbidité
- Pression
- Qualité de l'eau

## Modélisation du Karst

### Génération de l'environnement



## Simulation fluide

### Paramètres modifiables :

- Topographie
- Longueur de l'axe X
- Nombre de cellules (calcul)
- dt
- Nombre de simulations
- Vitesses des entrées ( x et y )
- Densité du fluide
- Viscosité dynamique du fluide

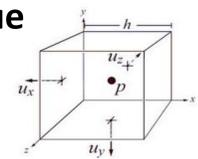
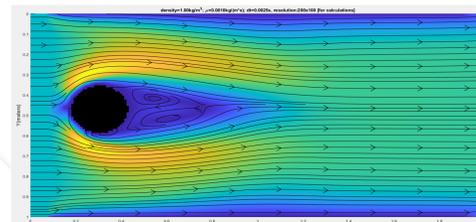


Figure 1: A MAC grid cell. Velocity components,  $u_x$ ,  $u_y$  and  $u_z$ , are stored on the minimal faces of the cell. Pressure,  $p$ , is stored at the cell center.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dx} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dy} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

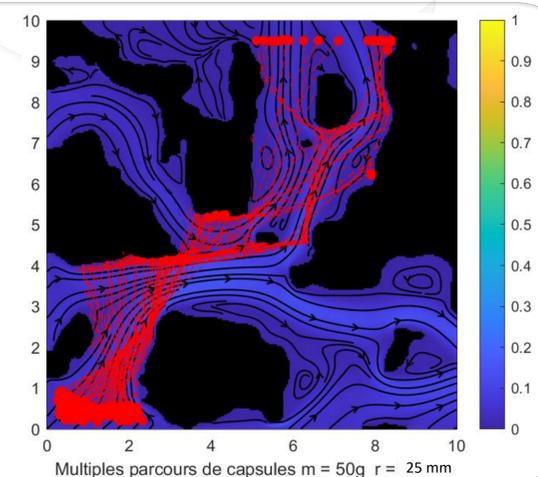
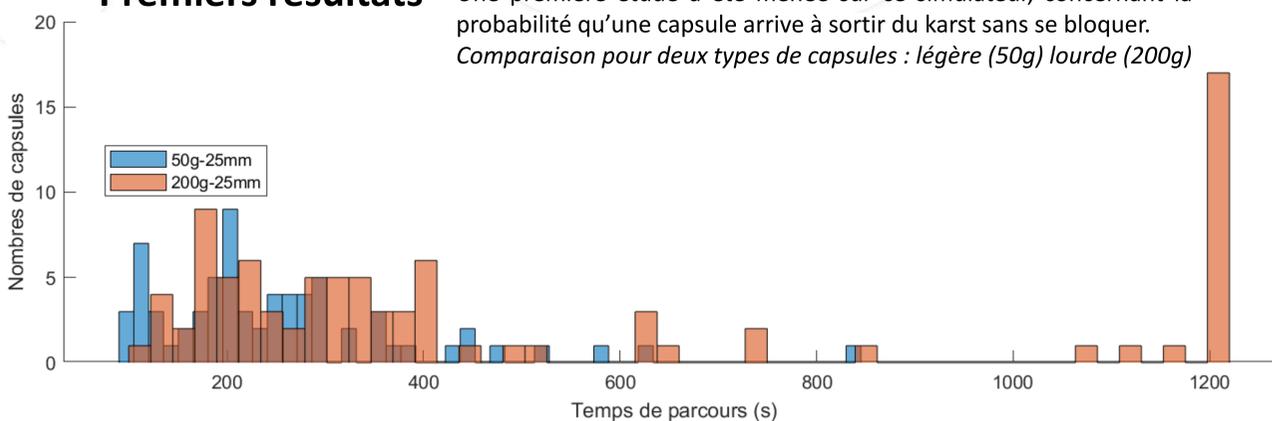


Exemple d'une simulation pour un cas simple

Crédit : [1] Jamie Johns 2018 : Navier-stokes-2D-numerical-solve-incompressible-flow-with-custom-scenarios-MATLAB

## Premiers résultats

Une première étude a été menée sur ce simulateur, concernant la probabilité qu'une capsule arrive à sortir du karst sans se bloquer. Comparaison pour deux types de capsules : légère (50g) lourde (200g)



## Conclusion

- Premiers essais de reconstitution de trajectoire
- Développement d'un simulateur d'un objet en mouvement libre dans un fluide
- Première étude statistique sur le simulateur concernant le pourcentage de chance qu'une capsule sorte indemne du karst.

## Perspectives

- Suite du développement d'un système de reconstitution de trajectoire pour première utilisation sur terrain
- Mesures & Simulation électromagnétiques de roches « karstiques » & premier prototype de détection d'obstacles