



**IMT Atlantique**  
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom

# ELECTROKARST : CARTOGRAPHIE PAR LE SENS ÉLECTRIQUE

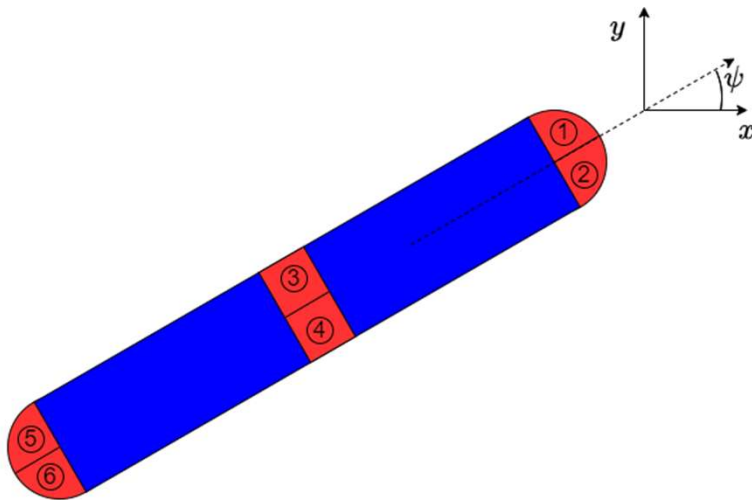
Déterminer une carte en utilisant le sens électrique :

Nécessité de trouver une application  $\varphi(x)$  dépendant uniquement de la position  $x$  permettant de décrire l'espace.

# CARTES 2D

## Géométrie du capteur

3



### Caractéristiques :

- Électrodes adjacentes = même polarisation
- Simulations faites en 2D
- Dimensions 30 (+10) cm x 10cm (schéma pas à l'échelle)

# CARTES 2D

## Grandeurs d'intérêt

4

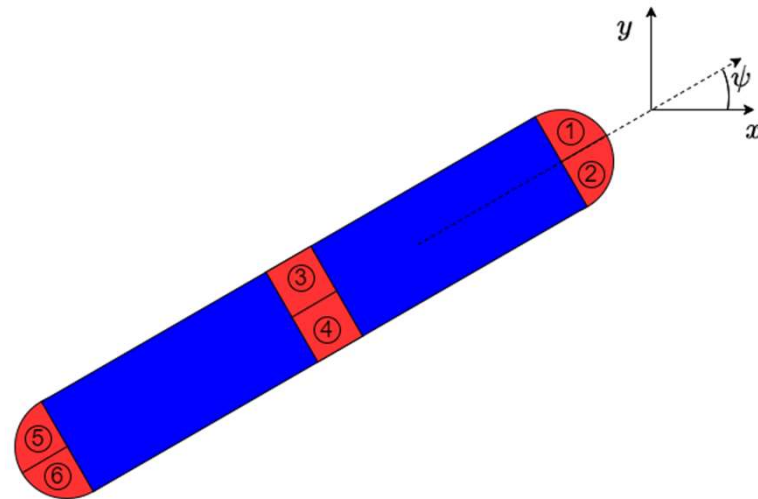
Grandeurs :

$$\text{On définit } I_{ax} = \begin{pmatrix} I_{ax}^{12} \\ I_{ax}^{34} \\ I_{ax}^{56} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 + I_2 \\ I_3 + I_4 \\ I_5 + I_6 \end{pmatrix}$$

La neutralité électrique implique :  $I_{ax}^{12} + I_{ax}^{34} + I_{ax}^{56} = 0$

$$\text{On définit également } \delta I_{lat} = \begin{pmatrix} \delta I_{lat}^{12} \\ \delta I_{lat}^{34} \\ \delta I_{lat}^{56} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 - I_2 \\ I_3 - I_4 \\ I_5 - I_6 \end{pmatrix}$$

On écrit aussi :  $\delta I_{ax} = I - I^{(0)}$  où  $I^{(0)}$  est le courant mesuré sur le capteur à vide (en milieu homogène sans perturbations)

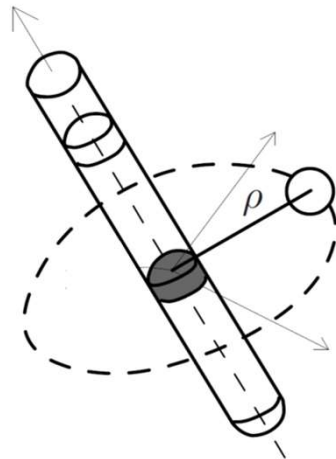


# CARTES 2D

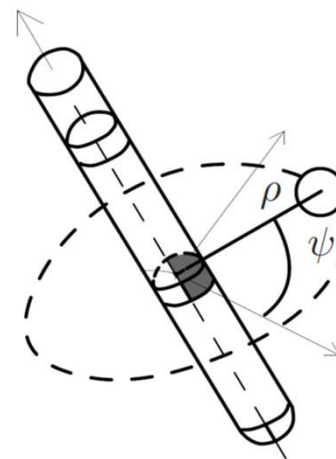
Illustration  $I_{lat}$

5

$\delta I_{ax}$



$I_{lat}$



IEEE, papier modèle



Rapport dimension sur distance et  
nature électrique de l'objet

ELECTROKARST : SENS ÉLECTRIQUE

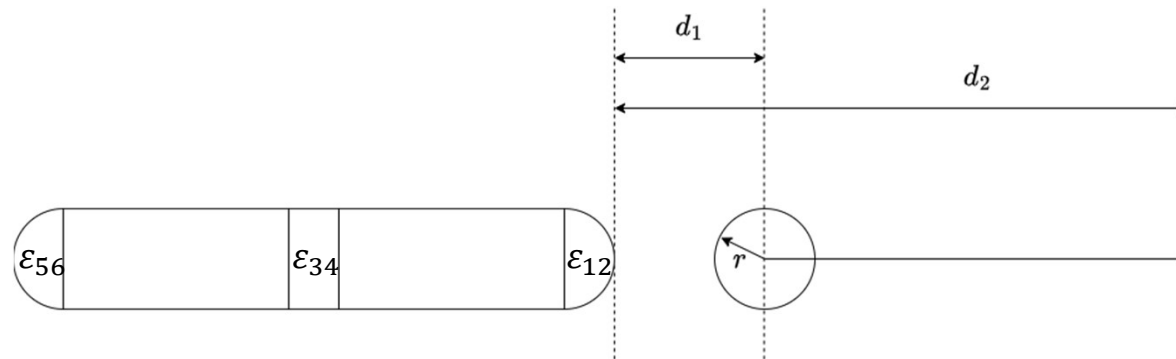
Azimut de l'objet dans le repère du  
capteur

14/05/2024

# CARTES 2D

Illustration  $I_{ax}$

6



On éloigne une sphère isolante du capteur :

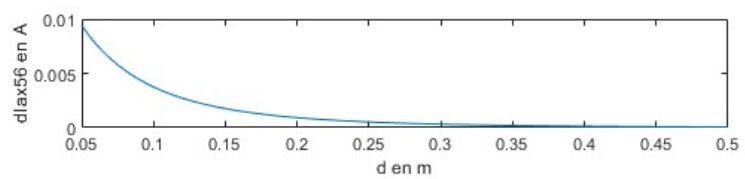
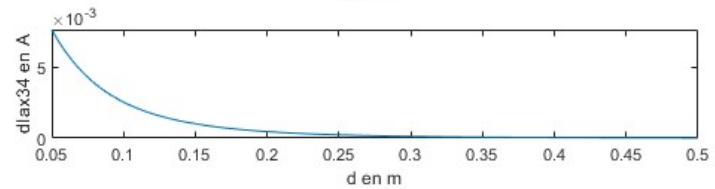
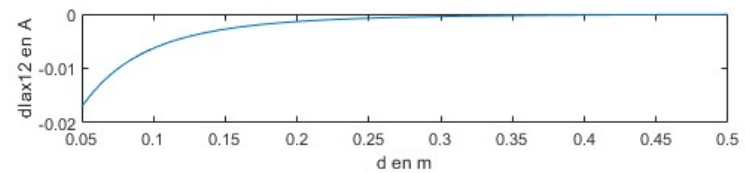
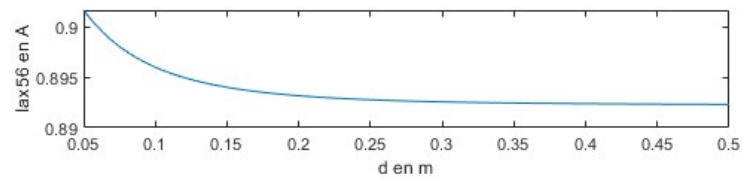
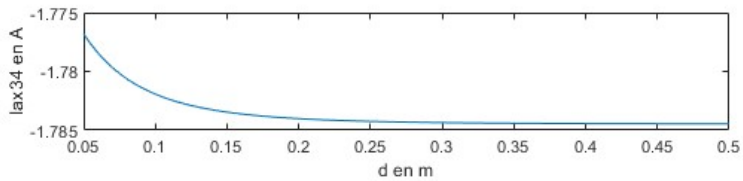
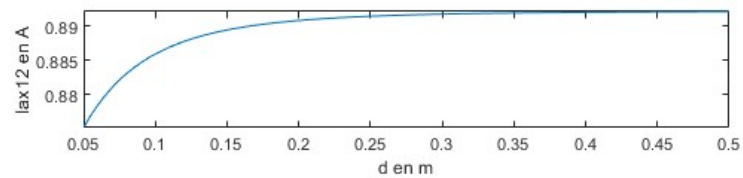
- $r = 5 \text{ cm}$
- $d_1 = 5 \text{ cm}$
- $d_2 = 50 \text{ cm}$

La polarisation se fait ainsi :  $V = \begin{pmatrix} V_{12} \\ V_{34} \\ V_{56} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix} V$

# CARTES 2D

Illustration  $I_{ax}$

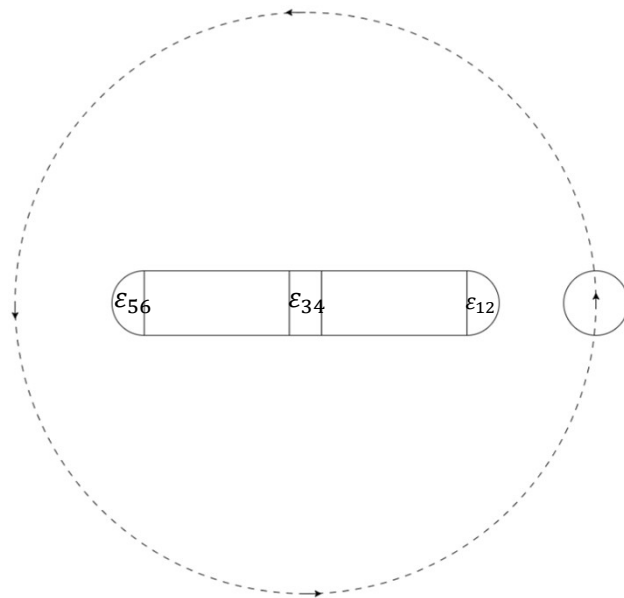
7



# CARTES 2D

Illustration  $I_{lat}$

8



On fait tourner cette même sphère autour du capteur

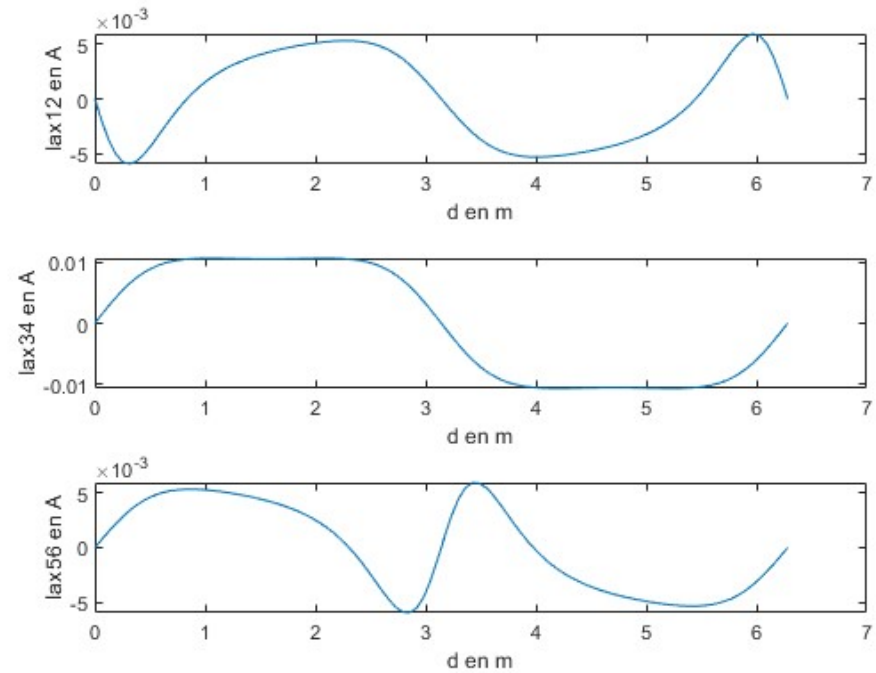




TABLE I  
 PROPERTIES OF THE PERTURBATIVE AXIAL AND LATERAL CURRENTS  $\delta I_{ax}$   
 AND  $\delta I_{lat}$  MEASURED BY THE HEAD ELECTRODES WHEN THE OBJECT IS IN  
 THE FRONT PART OF THE SENSOR

$\delta I_{ax}$	$> 0$	for a conducting object
$\delta I_{ax}$	$< 0$	for an insulating object
$\delta I_{lat}$	$> 0$	for a conducting object on the left of the sensor or for an insulating object on the right of the sensor
$\delta I_{lat}$	$< 0$	for a conducting object on the right of the sensor or for an insulating object on the left of the sensor
$\delta I_{lat}$	$= 0$	for any contrasted object facing the sensor



Loi de commande :

$$V = C > 0$$

$$\Omega = k \cdot I_{lat}$$

Avec  $k = k(\delta I_{ax})$

F. Boyer, V. Lebastard, C. Chevallereau and N. Servagent, "Underwater Reflex Navigation in Confined Environment Based on Electric Sense," in *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 29, no. 4, pp. 945-956, Aug. 2013, doi: 10.1109/TRO.2013.2255451.

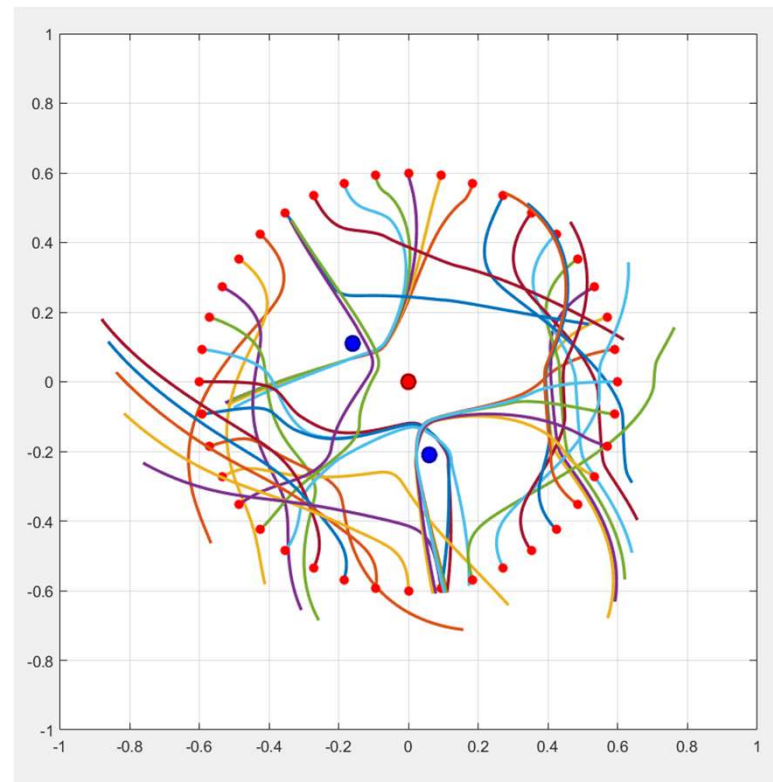
# CARTES 2D

## Commande réflexe

10

Simulation commande réflexe :

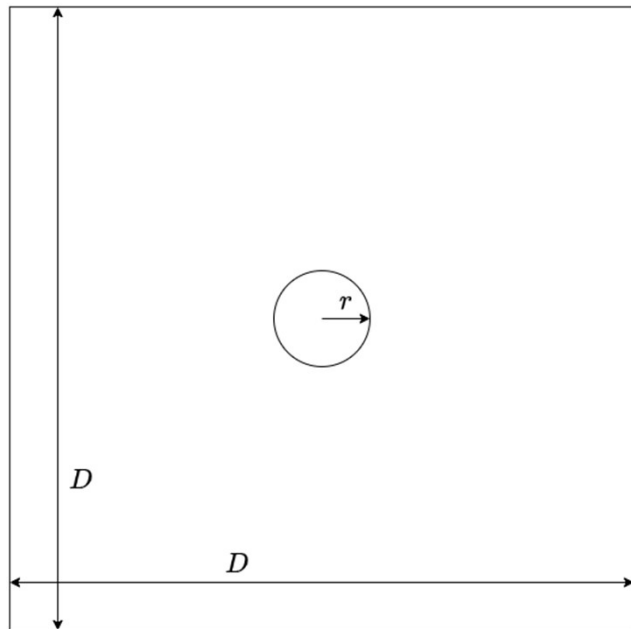
- 2 objets isolants, 1 conducteur
- points de départ tout autour



# CARTES 2D

## Premier exemple

11



On cherche à cartographier cette scène en utilisant le sens électrique.

-  $D = 2m$

-  $r = 5cm$

L'objet est isolant électriquement.

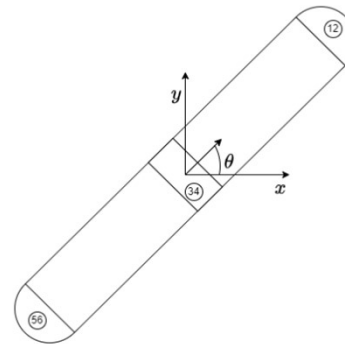
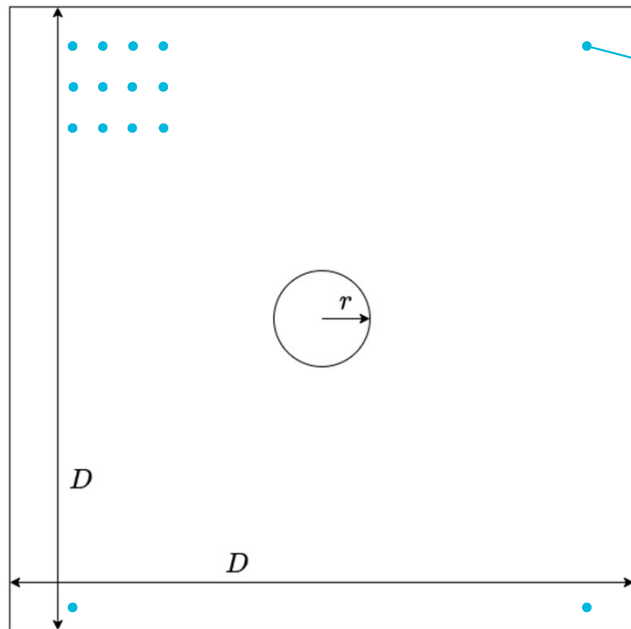
On garde le même capteur avec la même

polarisation  $V = \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix} V$

# CARTES 2D

Premier exemple

12

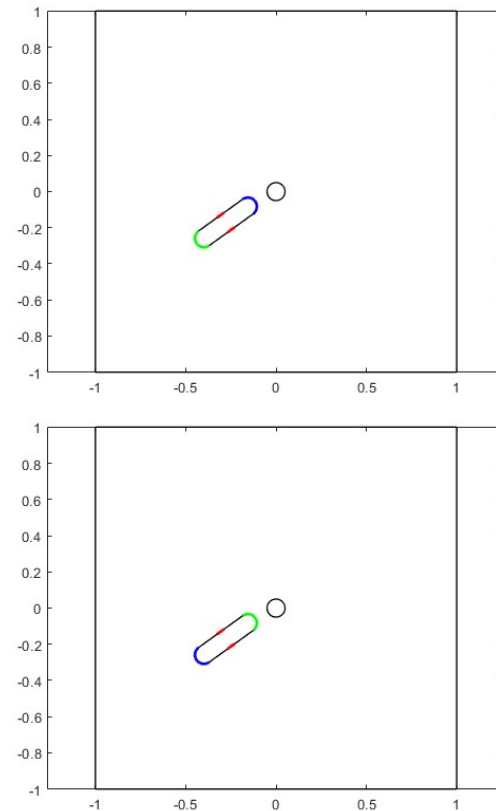
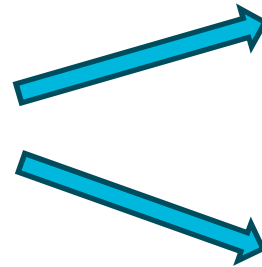
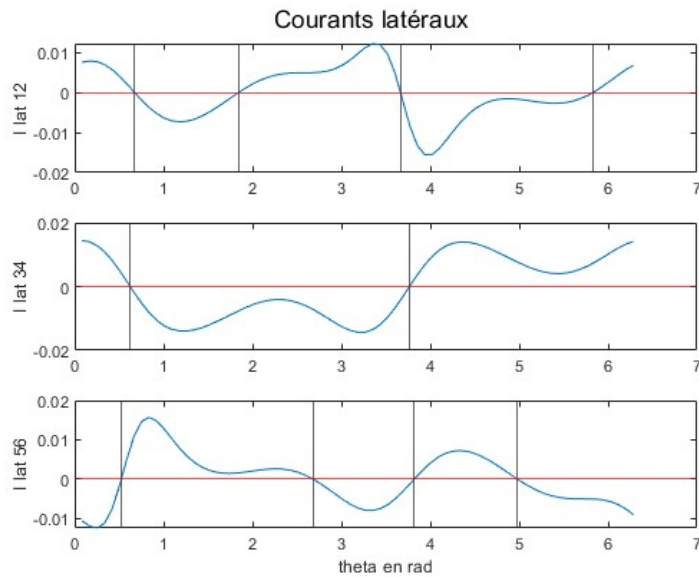


On quadrille le secteur en points de calcul.  
En chaque point, on calcule  $I$  pour  $\theta \in [0, 2\pi]$

# CARTES 2D

## Mesures

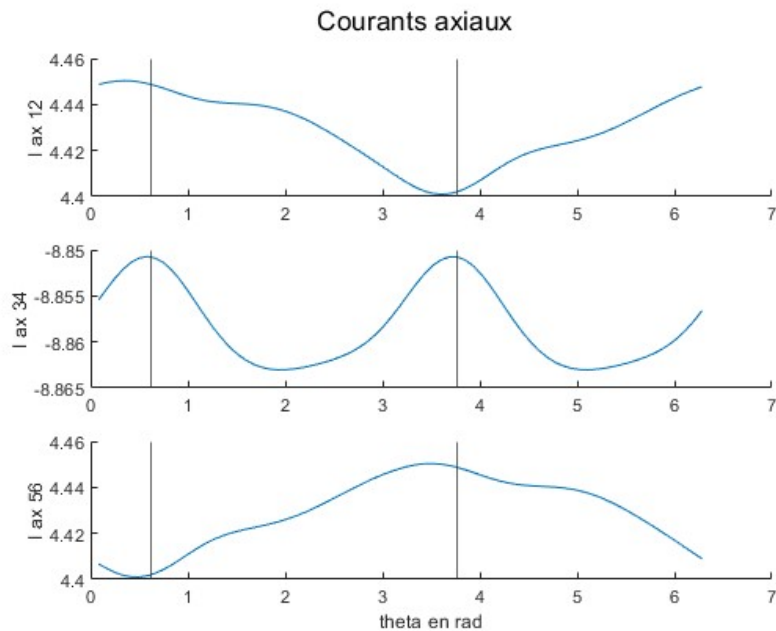
On cherche  $I_{lat} = 0$  : positions pour lesquelles annulation des effets du milieu (mur + sphère)



# CARTES 2D

Effets sur  $I_{ax}$

14



On cherche à maximiser  $I_{ax}$  pour atteindre le point le plus éloigné de tout objet.

On cherche :

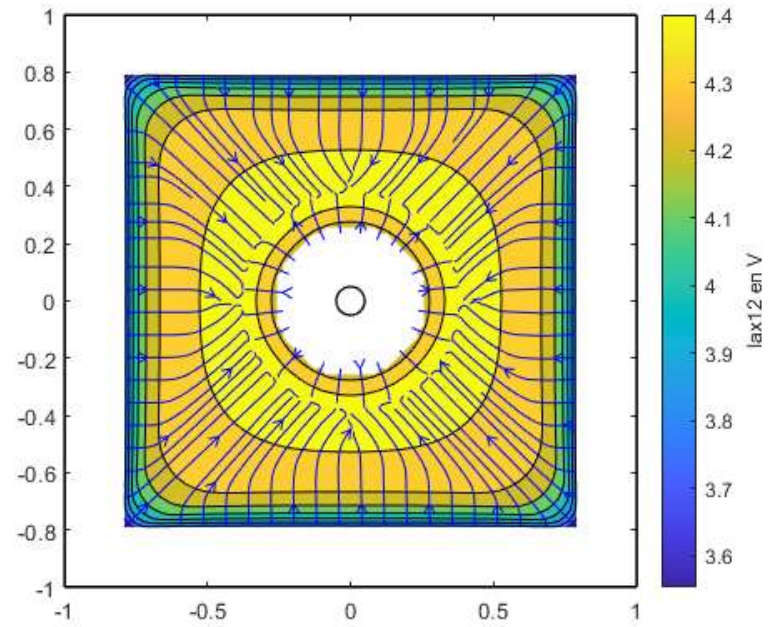
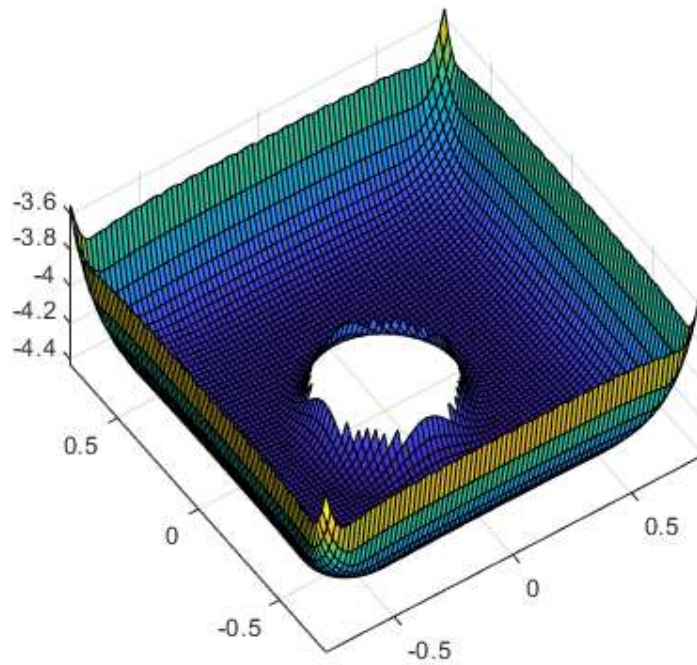
$$\varphi(x, y) = \max (I_{ax}(x, y, \theta) | I_{lat}(x, y, \theta) = 0)$$

$$\theta(x, y) = \operatorname{argmax}_{\theta} (I_{ax}(x, y, \theta) | I_{lat}(x, y, \theta) = 0)$$

# CARTES 2D

Première carte

15



Objectifs :

- Concevoir un simulateur compréhensif et rapide, permettant de calculer des scènes plus complexes ressemblant aux karsts
- Adapter les grandeurs à un capteur à différents : que deviennent  $I_{ax}$  et  $I_{lat}$  quand on a deux corps dans différentes configurations ?