

Optimisation de Réservoir

CougarFlow

François Wahl

Pec'num²⁰¹⁵

École Centrale de Lyon, 18 mai 2015

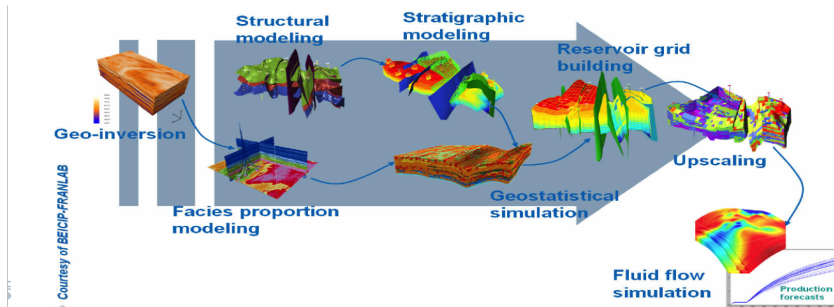


Méthodologie

Cas PUNQ

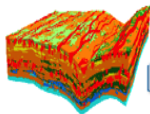
Conclusion

Le sous-sol, une modélisation complexe

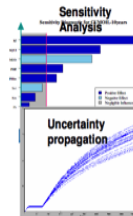


Des modèles coûteux en temps de calcul
(plusieurs heures pour une seule simulation)

Quels sont les paramètres influents ?



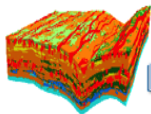
Modèle de réservoir
Flow Simulation



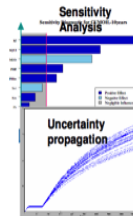
Quelle est l'incertitude sur la réponse ?

Quelle est la part de la variation de la réponse (en moyenne), due à la modification d'un ou plusieurs paramètres

Quels sont les paramètres influents ?



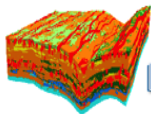
Modèle de réservoir
Flow Simulation



Quelle est l'incertitude sur la réponse ?
Echantillonnage des entrées,
Propagation

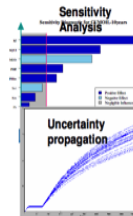
Quelle est la part de la variation de la réponse (en moyenne), due à la modification d'un ou plusieurs paramètres

Quels sont les paramètres influents ?



Modèle de réservoir
Flow Simulation

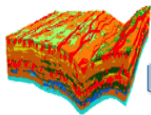
Problème :
Besoin de centaines
de simulations



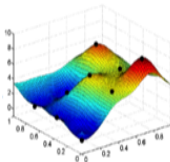
Quelle est l'incertitude sur la réponse ?
Echantillonnage des entrées,
Propagation

Idée : On remplace le code coûteux à calculer par un modèle approximatif et très rapide à calculer

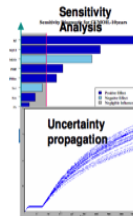
Quels sont les paramètres influents ?



Modèle de réservoir
Flow Simulation



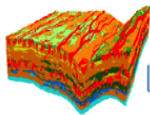
Surface de réponse



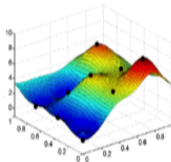
Quelle est l'incertitude sur la réponse ?

Idée : On remplace le code coûteux à calculer par un modèle approximatif et très rapide à calculer

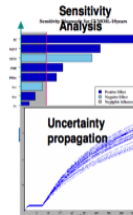
Quels sont les paramètres influents ?



Modèle de réservoir
Flow Simulation

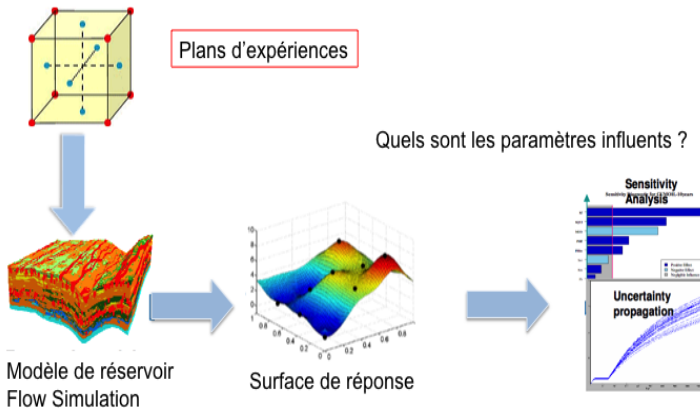


Surface de réponse



Quelle est l'incertitude sur la réponse ?

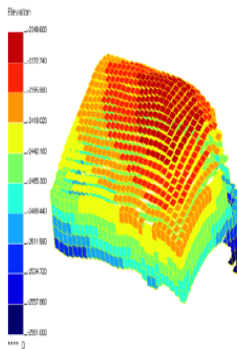
Problème : Pour construire cette approximation, beaucoup de simulations sont nécessaires



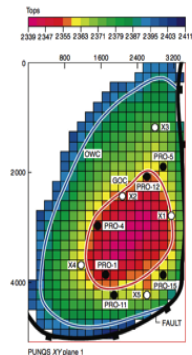
Quelle est l'incertitude sur la réponse ?

Cas PUNQ

- Cas synthétique connu inspiré d'un champ pétrolier réel
- Données géologiques, (perméabilités, porosités) générées par des champs aléatoires gaussiens
- grille 19 x 28 x 5 (axe x, y, z)
 - 1761 cellules actives
 - 5 couches géologiques à perméabilités et porosités différentes
- Simulateur : Puma^{flow}



Géométrie du cas PUNQ
(Bouzarkouna et al. 2010)



- ▶ Etude de sensibilité pour identifier les paramètres influant le plus les prévisions de production sur un champ pétrolier
- ▶ Mise en oeuvre avec des surfaces de réponse paramétriques (PRS) et non paramétriques (NPRS)

Cas PUNQ, Déroulement(workflow)

- ▶ Créer une étude
- ▶ Définir les paramètres incertains
- ▶ Choisir un plan d'expériences
- ▶ Lancer les simulations de réservoir correspondantes
- ▶ Charger les résultats de simulation dans Cougar
- ▶ Sélectionner les réponses à étudier
- ▶ Faire une étude de sensibilité qualitative et quantitative pour les réponses choisies.
- ▶ Lancer quelques runs de simulations pour confirmer les conclusions obtenues

Cas PUNQ, les paramètres incertains

Les paramètres incertains sont ICI définis par une distribution uniforme entre un min et un max

Short Name	Long Name	Unit	Def Value	Min Value	Max Value
AQUI	Analytical porosity of the aquifer strength	Adim	0.20	0.2	0.3
MPH1	Horizontal transmissibility multiplier in good units	Adim	1.0	0.8	1.2
MPH2	Horizontal transmissibility multiplier in poor units	Adim	1.0	0.8	1.2
MPV1	Vertical transmissibility multiplier in good units	Adim	1.0	0.8	1.2
MPV2	Vertical transmissibility multiplier in poor units	Adim	1.0	0.8	1.2
P1X	X coordinate of well PRO-1	Cell#	8	6	11
P1Y	Y coordinate of well PRO-1	Cell#	22	21	23
SORG	Critical saturation values used in endpoint scaling	Adim	0.18	0.15	0.20
SORW	Critical saturation values used in endpoint scaling	Adim	0.20	0.15	0.25

Différentes possibilités de plans d'expériences

Design Choice

Select design type



☒ Classical design

☒ Linear



☐ Quadratic



☐ Latin hypercube design

Number of simulations

14



☐ Full design



☐ Optimal design



☐ User defined



Cas PUNQ, plan d'expériences

Plan d'expériences factoriel fractionnaire de résolution IV, modèle linéaire avec interactions

General design properties							
Name	Type	Parameters	Experiments	Resolution	Saturated	Free Interactions	Genera
classicalDesign	Fractional Factorial	9	32	IV	Yes	15	1=AQU

Terms of the model	
Main Parameters	Interactions
AQUI	AQUI:MPH1
MPH1	AQUI:MPH2
MPH2	AQUI:MPV1
MPV1	AQUI:MPV2
MPV2	AQUI:P1X
P1X	AQUI:P1Y
P1Y	AQUI:SORG
SORG	AQUI:SORW
SORW	MPH1:MPV2

Confounded terms of the model
Confounded terms
AQUI:MPH1=MPH2:P1X=MPV1:P1Y
AQUI:MPH2=MPH1:P1X=MPV1:SORG
AQUI:MPV1=MPH1:P1Y=MPH2:SORG
AQUI:P1X=MPH1:MPH2=P1Y:SORG
AQUI:P1Y=MPH1:MPV1=P1X:SORG
AQUI:SORG=MPH2:MPV1=P1X:P1Y
MPH1:SORG=MPH2:P1Y=MPV1:P1X

Cas PUNQ, plan d'expériences

Les points de simulation choisis

General design properties

Name	Type	Parameters	Experiments	Resolution	Saturated	Free Interactions	Generators
classicalDesign	Fractional Factorial	9	32	IV	Yes	15	1=AQUI:MPH1:MPH2:P1X=AQUI:MPH1:MPV1

III

Design Matrix

Scaled

Natural

Experiment	AQUI	MPH1	MPH2	MPV1	MPV2	P1X	P1Y	SORG	SORW	
1	0.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	6	21	0.15	0.25
2	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	11	23	0.2	0.25
3	0.2	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	11	23	0.15	0.15
4	0.3	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	6	21	0.2	0.15
5	0.2	0.8	1.2	0.8	0.8	0.8	11	21	0.2	0.15
6	0.3	0.8	1.2	0.8	0.8	0.8	6	23	0.15	0.15
7	0.2	1.2	1.2	0.8	0.8	0.8	6	23	0.2	0.25
8	0.3	1.2	1.2	0.8	0.8	0.8	11	21	0.15	0.25
9	0.2	0.8	0.8	1.2	0.8	0.8	6	23	0.2	0.15
10	0.3	0.8	0.8	1.2	0.8	0.8	11	21	0.15	0.15
11	0.2	1.2	0.8	1.2	0.8	0.8	11	21	0.2	0.25
12	0.3	1.2	0.8	1.2	0.8	0.8	6	23	0.15	0.25
13	0.2	0.8	1.2	1.2	0.8	0.8	11	23	0.15	0.25
14	0.3	0.8	1.2	1.2	0.8	0.8	6	21	0.2	0.25

Close

Cas PUNQ, plan d'expériences

On lance les simulations

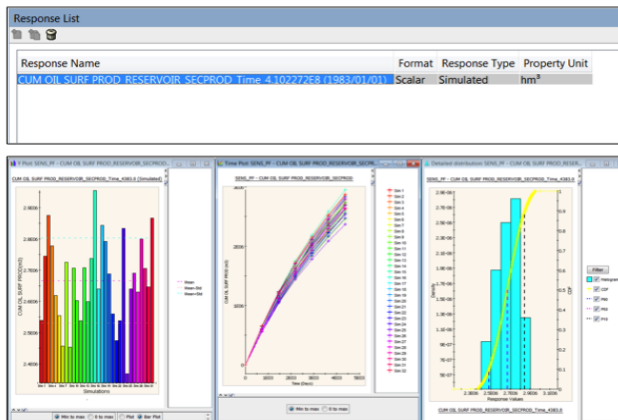
The screenshot displays the 'Simulations' management interface. It features a table with columns for Simulation ID, Directory, Host, Status, Launches, and Duration. The table lists 25 simulations (Sim 1 to Sim 25). The status of the simulations varies: Sim 1 is 'ended', Sim 2 is 'ended', Sim 3 is 'ended', Sim 4 is 'ended', Sim 5 is 'ended', Sim 6 is 'running', Sim 7 is 'ended', Sim 8 is 'running', Sim 9 is 'waiting', Sim 10 is 'running', Sim 11 is 'running', Sim 12 is 'running', Sim 13 is 'running', Sim 14 is 'waiting', Sim 15 is 'waiting', Sim 16 is 'waiting', Sim 17 is 'waiting', Sim 18 is 'waiting', Sim 19 is 'waiting', Sim 20 is 'waiting', Sim 21 is 'waiting', Sim 22 is 'waiting', Sim 23 is 'waiting', Sim 24 is 'waiting', and Sim 25 is 'waiting'.

Below the table, there are several control elements:

- Host Facilities:** A dropdown menu for 'Host for selected simulations' is set to 'br16at109'. It also shows 'ended by user' and 'Simulator Host Links'.
- Buttons:** There are buttons for 'Refresh', 'Launch', 'Launch All', 'Dispatching' (with radio buttons for 'Dynamic' and 'Static'), and 'Stop'.
- Right Panel:** A panel titled 'Third Par...' is visible on the right side of the interface.
- Buttons on the Right:** There are buttons for 'Configure Experiment' and 'Load Results'.

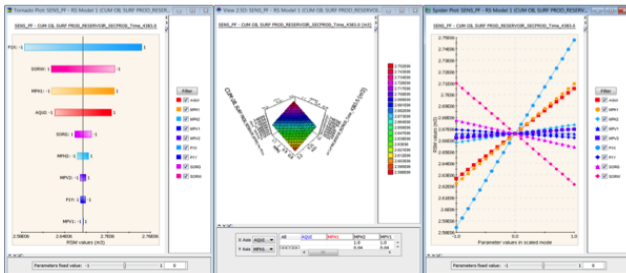
Cas PUNQ, cumulé d'huile produite

Une des réponses obtenues (1 couleur par simulation), sous forme de de
Y plot, time plot, ou distribution



Effet des paramètres

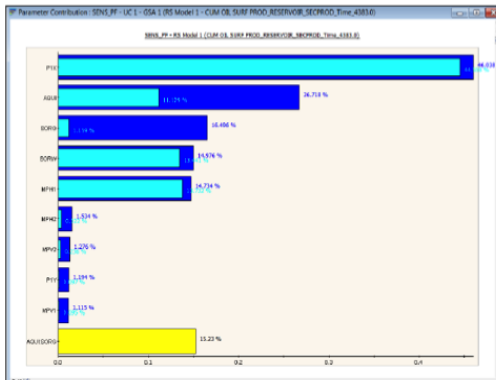
tornado et spider plot



Cas PUNQ, sensibilités

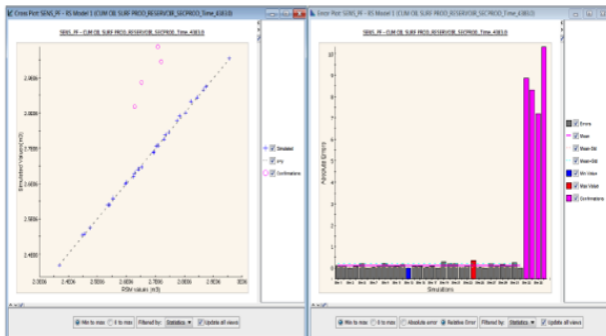
bleu = effet total, turquoise = 1er ordre

sensibilité (modèle linéaire avec interactions)



Cas PUNQ, runs de confirmation

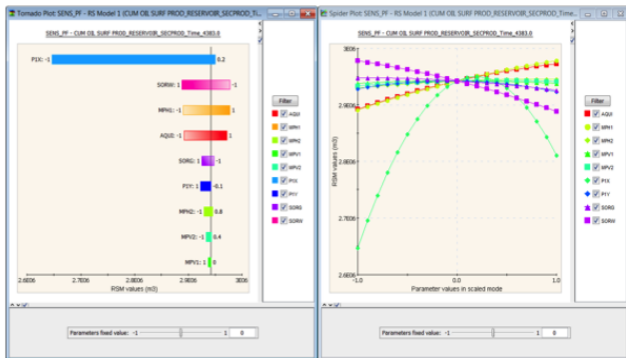
runs de confirmation (modèle linéaire avec interactions)



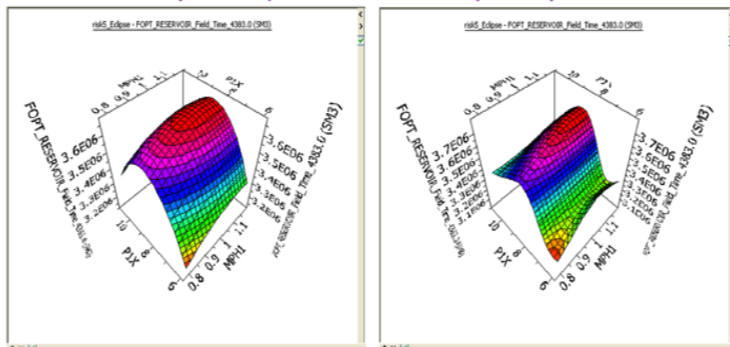
Cas PUNQ, modèle quadratique

Effet des paramètres

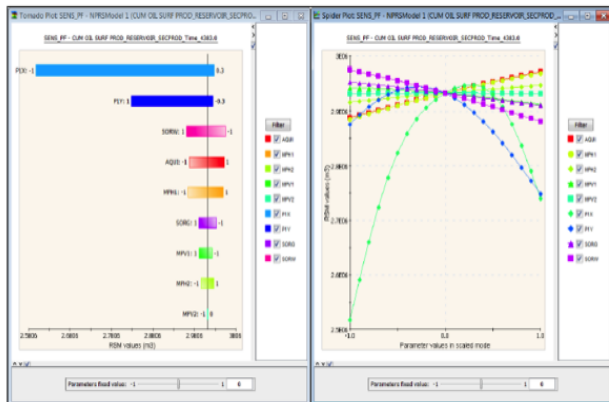
Le comportement quadratique par rapport à P1X est évident



Response surface modeling



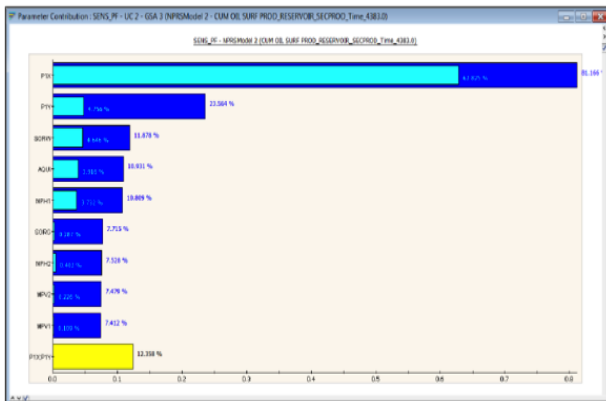
Sensibilité (krigeage, LHS)



Le Spider Plot montre une non-linéarité par rapport aux paramètres de position du puits.

Cas PUNQ, conclusions

Sensibilités avec le modèle non paramétrique



Les paramètres les plus influents sont :
P1X, P1Y, SORW, MPH1 et AQUI et l'interaction P1X:P1Y

CougarFlow

- ▶ est un environnement destiné à optimiser l'exploitation des modèles de réservoirs ou d'autres systèmes pétroliers
- ▶ permet (entre autres) l'examen des incertitudes dues aux paramètres d'entrée et leur influence sur des sorties choisies
- ▶ voir le site CougarFlow - Beicip-Franlab
<http://www.beicip.com/uncertainty-management-assisted-history-matching>