



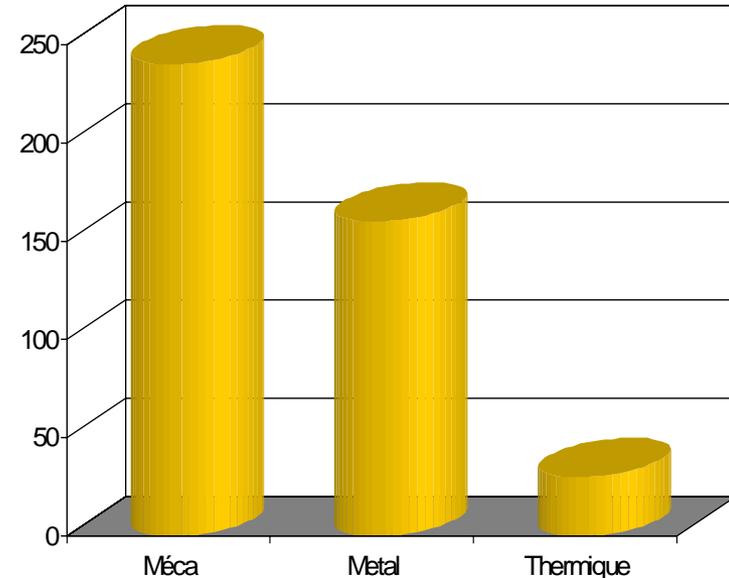
Échantillonnage LHS des propriétés matériau des aciers pour l'analyse de sensibilité globale en simulation numérique du soudage

PETELET Matthieu
bénéficiaire d'un contrat de thèse
CEA - Région Bourgogne - Université (CTCR)

ASSERIN Olivier
IOOSS Bertrand
LOREDO Alexandre

liten Dénombrons les paramètres matériau

Equation de la chaleur	3	
Loi métallurgique (<i>Leblond</i>)		4
Loi EVP		6
<i>Ss total</i>	3	10
Matériau 4 phases		x 4
Discrétisation température	x 10	x 10
TOTAL	430	



Idée classique :

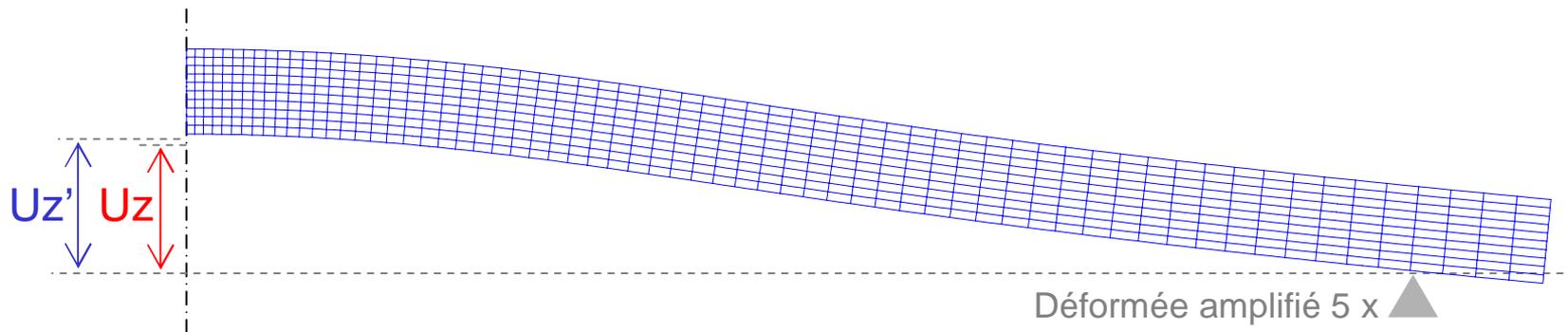
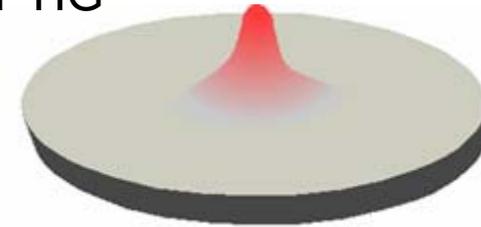
- Rechercher les paramètres les plus influents

Idée maîtresse (complémentaire) :

- Il y a un grand nombre de paramètres non-influents : LESQUELS ?

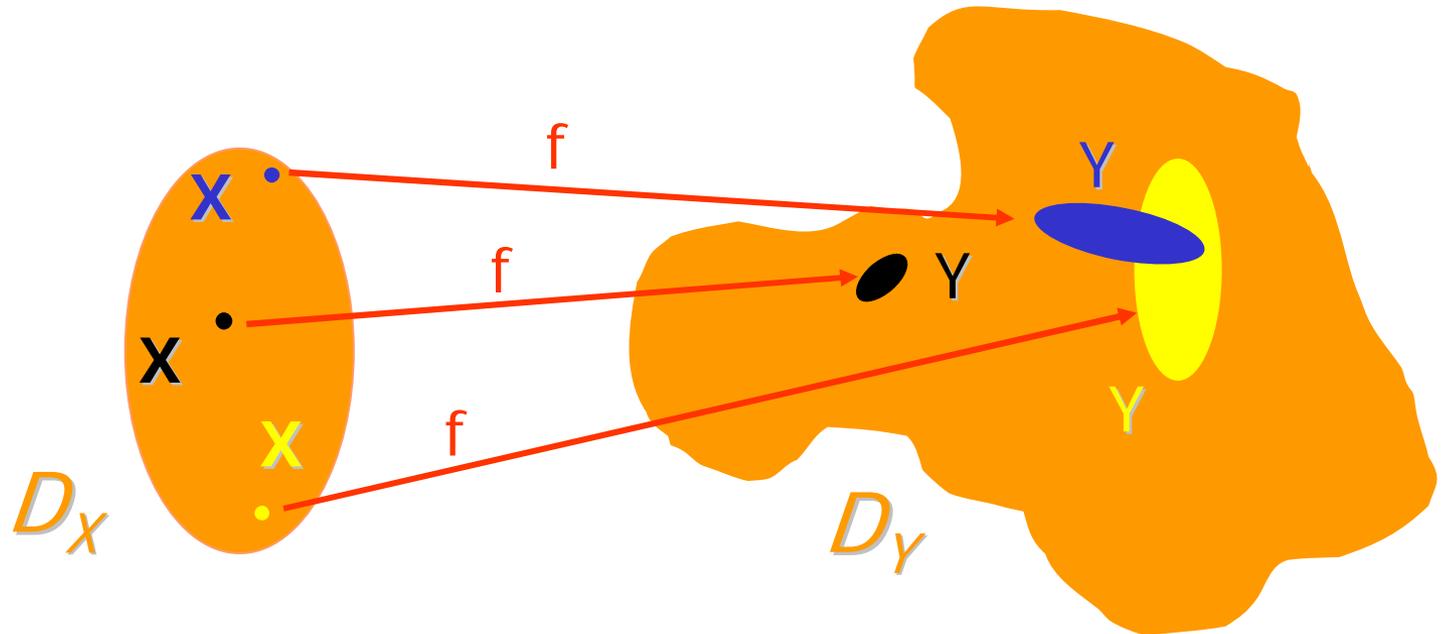
- Calcul des distorsions d'un disque /s dépôt de chaleur TIG
- Matériau donné
- Loi EP, 1 phase → 35 par.
- Réalisons 2 calculs :

- Mise en donnée nominale (316L p.ex.)
- 32 paramètres matériau / 35 : perturb. de **20 %**



- Ecart ($Uz' - Uz / Uz$) très faible : **0,2 %** (316L)
0,4 % (T91) → 32 par. peu influents
- Cet exemple : pas un cas particulier
- Se généralise à d'autre configuration de soudage, d'autres matériaux

Soit le modèle $Y=f(X)$



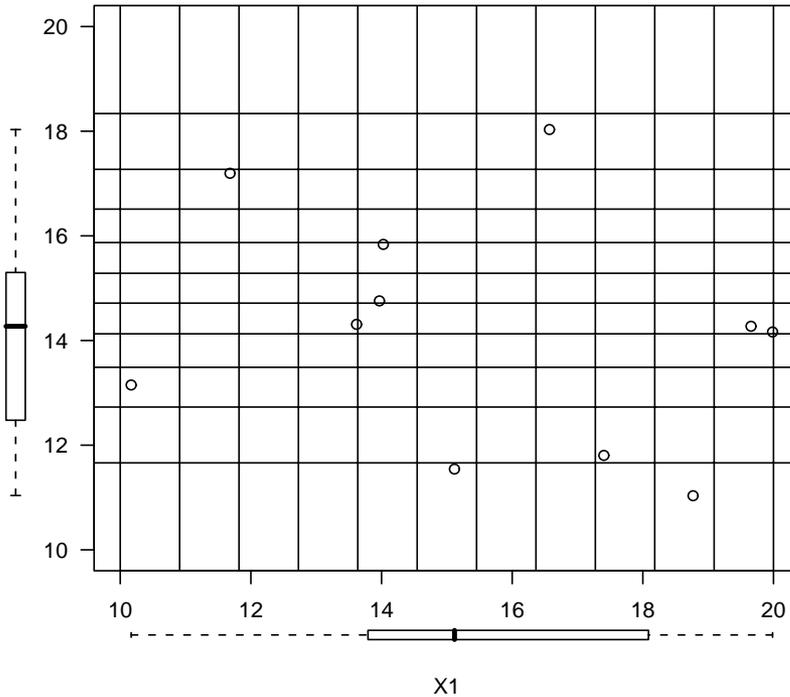
Analyse de sensibilité locale : pour un matériau



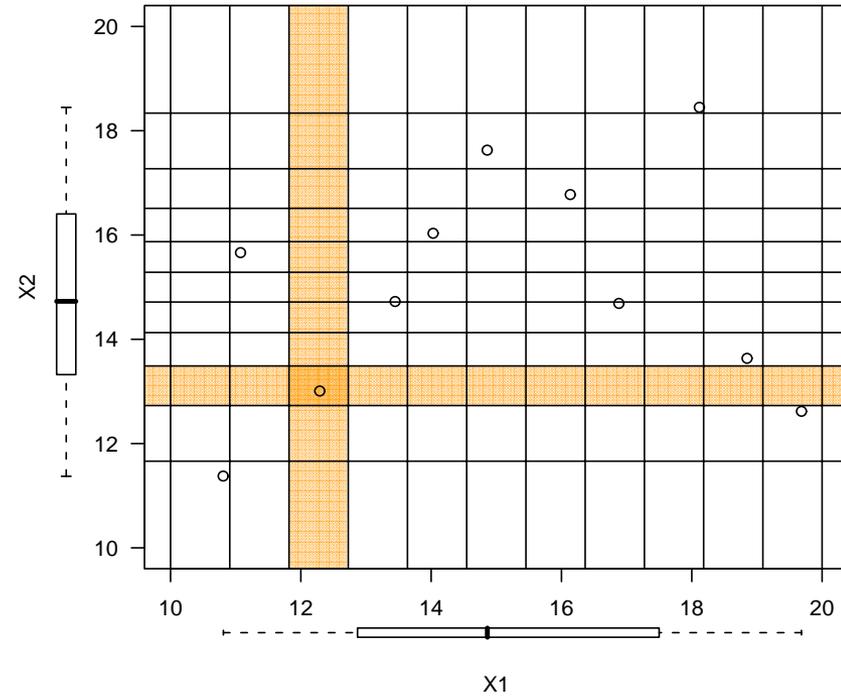
Analyse de sensibilité globale : famille matériau (ASG)



SRS



LHS



Avantages LHS :

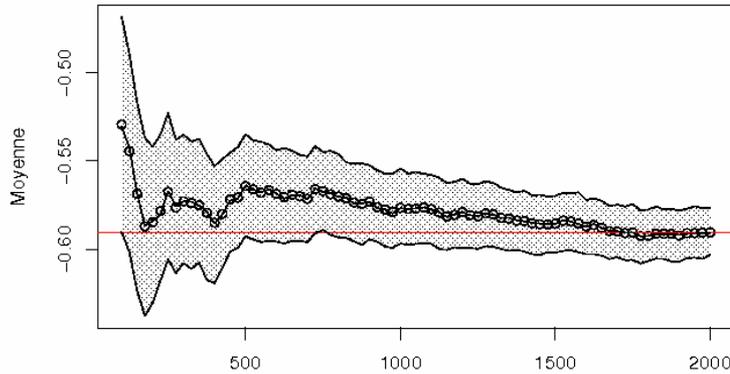
- Couverture unif. du domaine d'entrée
- Préconisé quand tps de calcul important



SRS

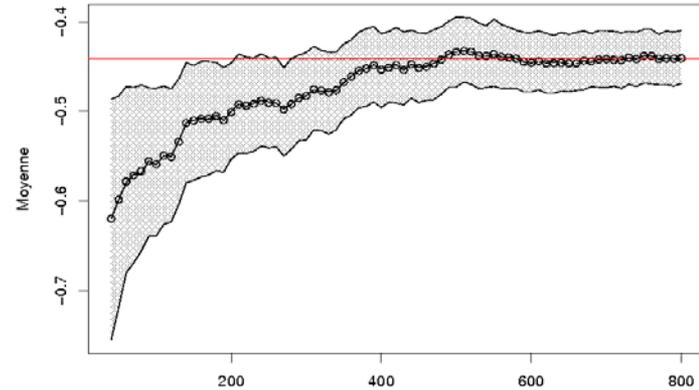
LHS

Convergence des statistiques

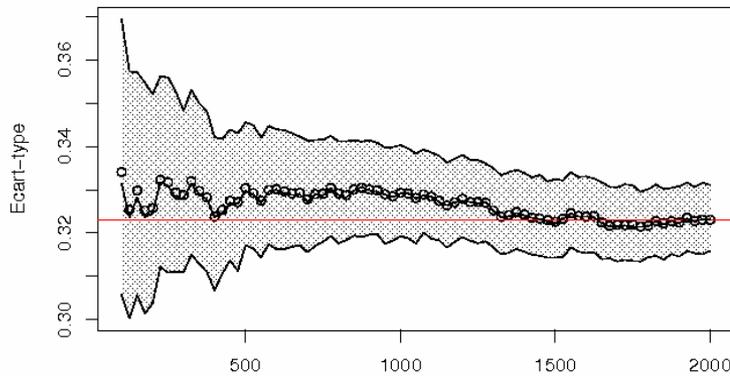


point : estimateur échantillon

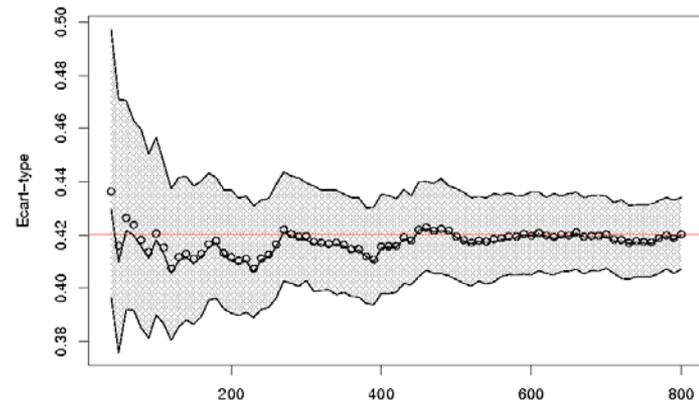
Convergence des statistiques Angle



point : estimateur échantillon
ligne : estimateur bootstrap + IC à 95%



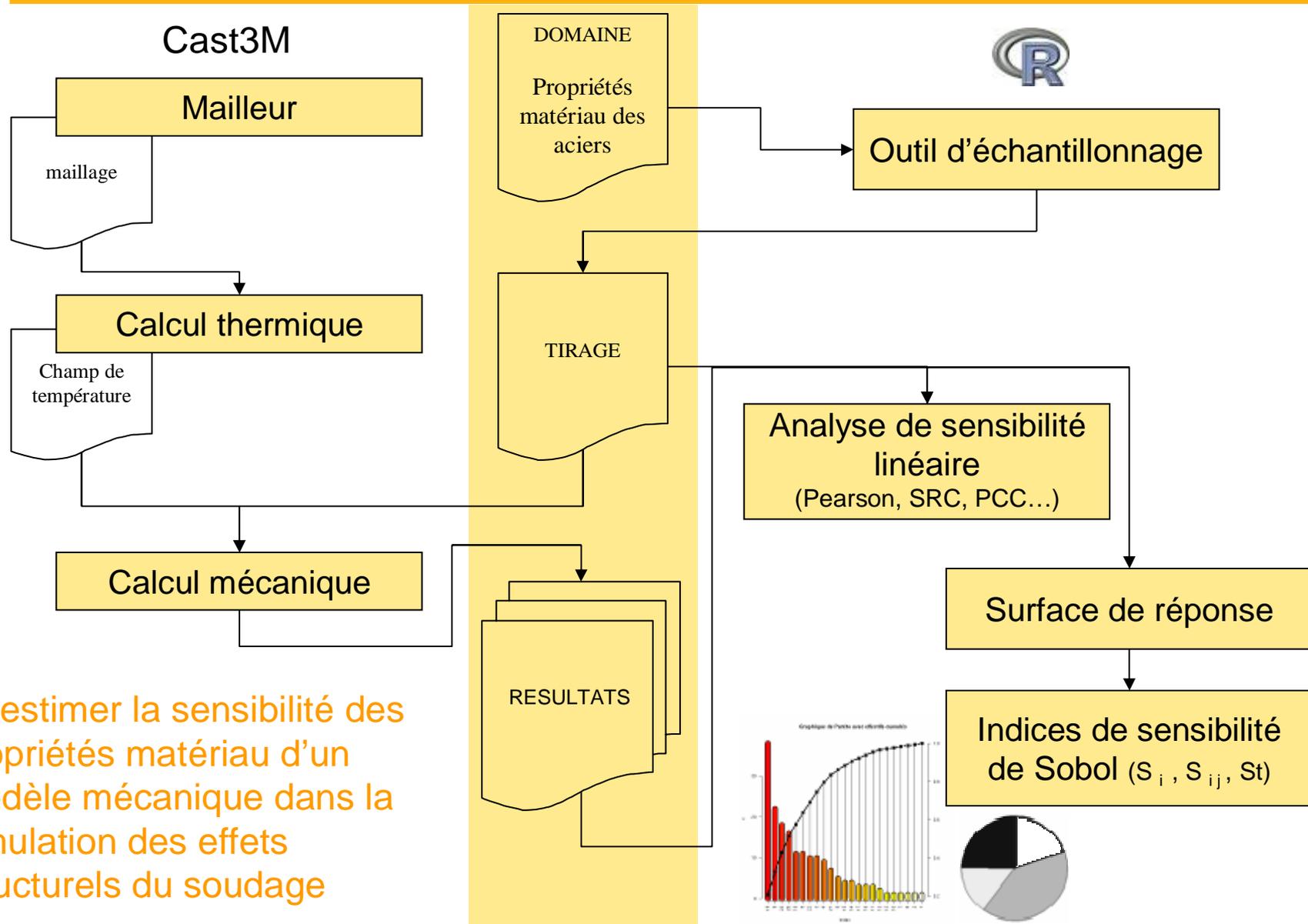
taille de l'échantillon



taille de l'échantillon

→ à qualité équiv. : – expces que SRS

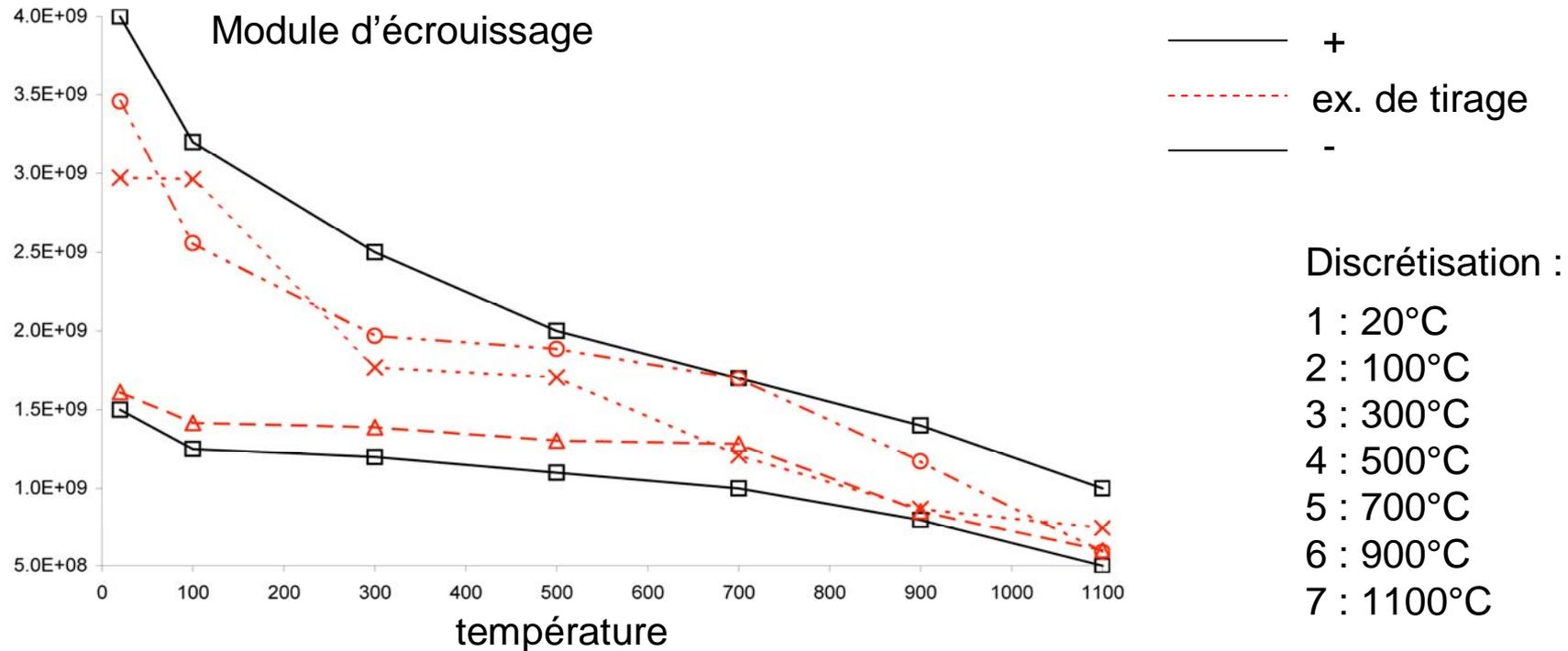




→ estimer la sensibilité des propriétés matériau d'un modèle mécanique dans la simulation des effets structurels du soudage

- Etude de convergence en espace et en temps → validation du maillage
- Choix d'un chargement thermique approprié
- Développement de proc utilisateur pour gérer le plan :
 - Lecture du fichier domaine
 - Lecture du plan d'expériences (généré par R)
 - assemblage des évolutions des paramètres matériau
 - Gestion automatisée des lancement du code
 - Ecriture des sortie voulues en fichiers textes (compatible R)
- Outil flexible : basé sur fichier domaine.dat

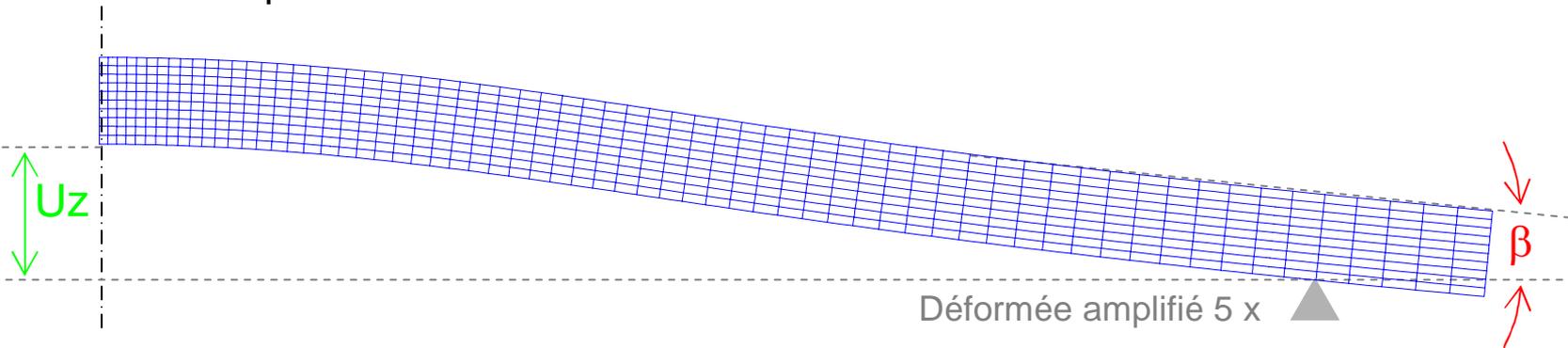
```
SIGY 7
DISC 20.      100.      300.      500.      700.      900.      1100.
LOIS 0        0          0          0          0          0          0
CORR 0        -1         -1         -1         -1         -1         -1
PDF1 400.E6   250.E6    200.E6    100.E6    40.E6     20.E6     13.E6
PDF2 1400.E6  1105.E6   800.E6    620.E6    70.E6     50.E6     40.E6
#
YOUN 7
...
```



- Définition du domaine des aciers
- 5 paramètres matériau – discrétisation en 7 températures
→ mesure de la **sensibilité** de 35 variables
- Réalisation d'un plan LHS de **800 expériences**
- Chaque expérience = Tirage aléatoire de 35 variables ds domaine matériau

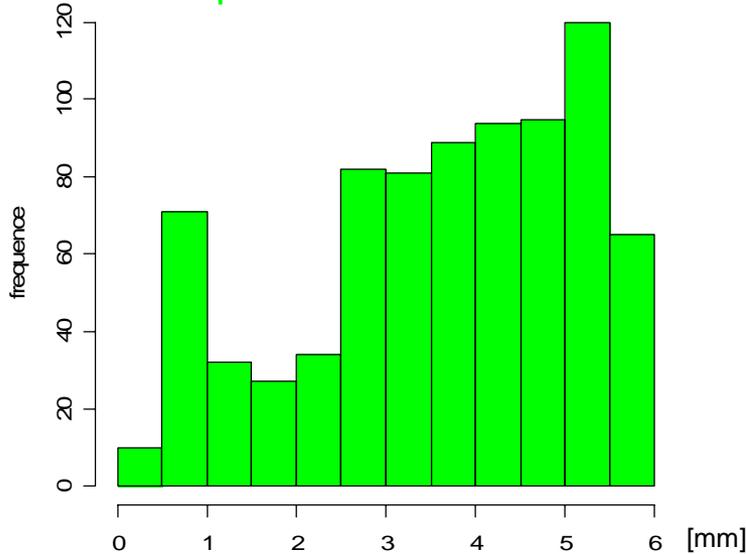
liten Résultats d'une campagne de 800 calculs

- Flux impose : 960 W ; maintien : 150 s
- On observe pour les 800 calculs

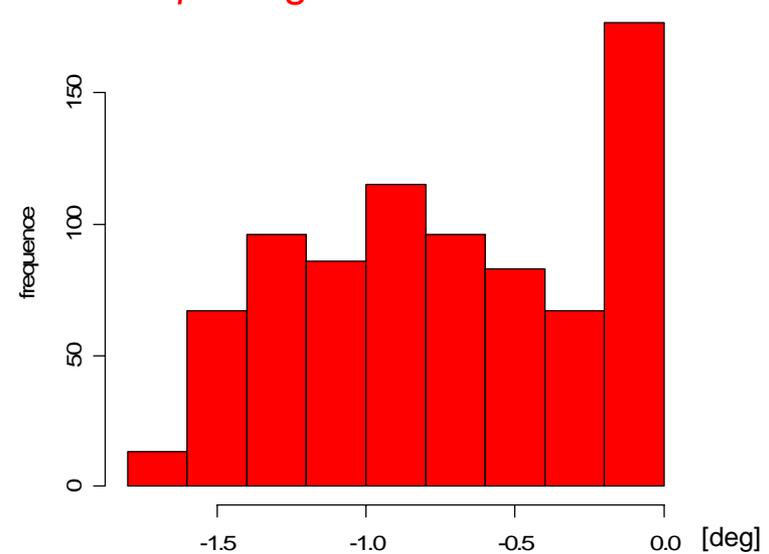


- Histogramme de 2 sorties :

U_z : déplacement au centre



β : angle de cône



- 3 variables du modèle mécanique parmi 35 ont vraiment été influentes (SRC>10%) :

- | | |
|---|-------------|
| 1. Coefficient de dilatation th. à 20°C | SRC 0,5~0,9 |
| 2. Limite d'élasticité à 20°C | SRC 0,5~0,7 |
| 3. Module de Young à 20°C | SRC 0,1~0,4 |

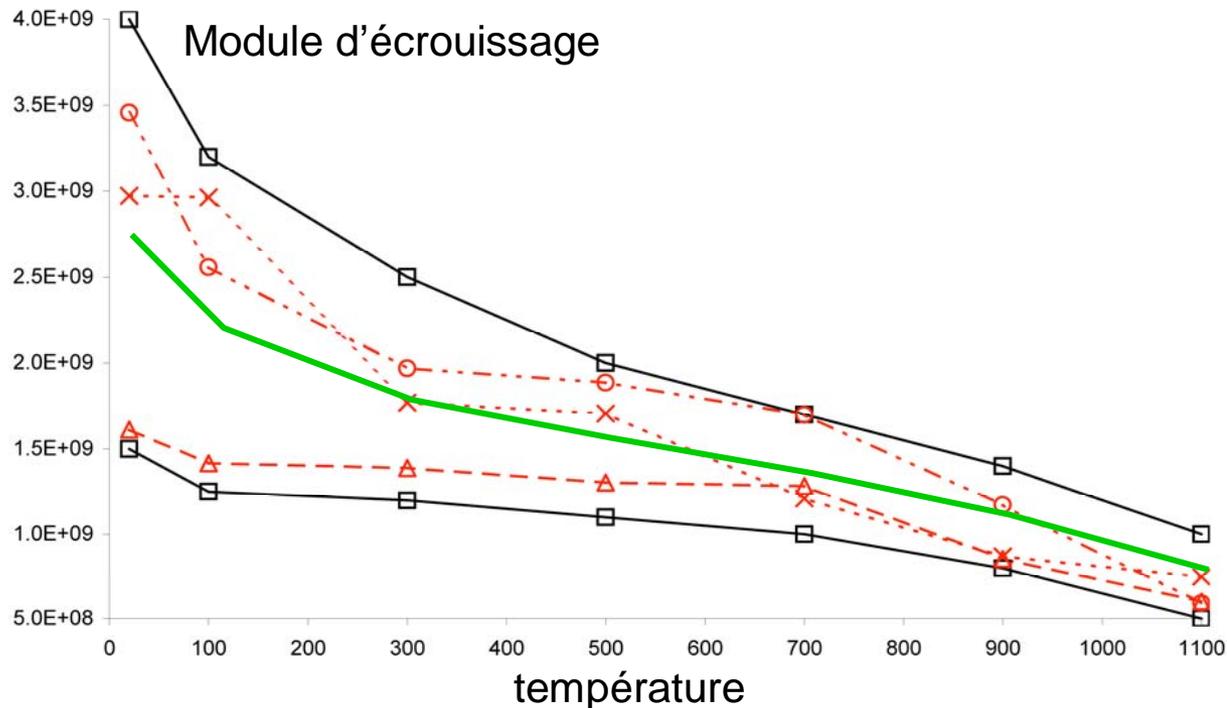
- Dans le cas simulé, n'ont pas été influents :

2 propriétés matériau du modèle (\forall température) :

- Module d'écroutissage
- Coefficient de Poisson



- Conservation du plan LHS pour les 3 variables influentes
- Les autres : valeur médiane du domaine matériau (—)
- À nouveau 800 calculs...

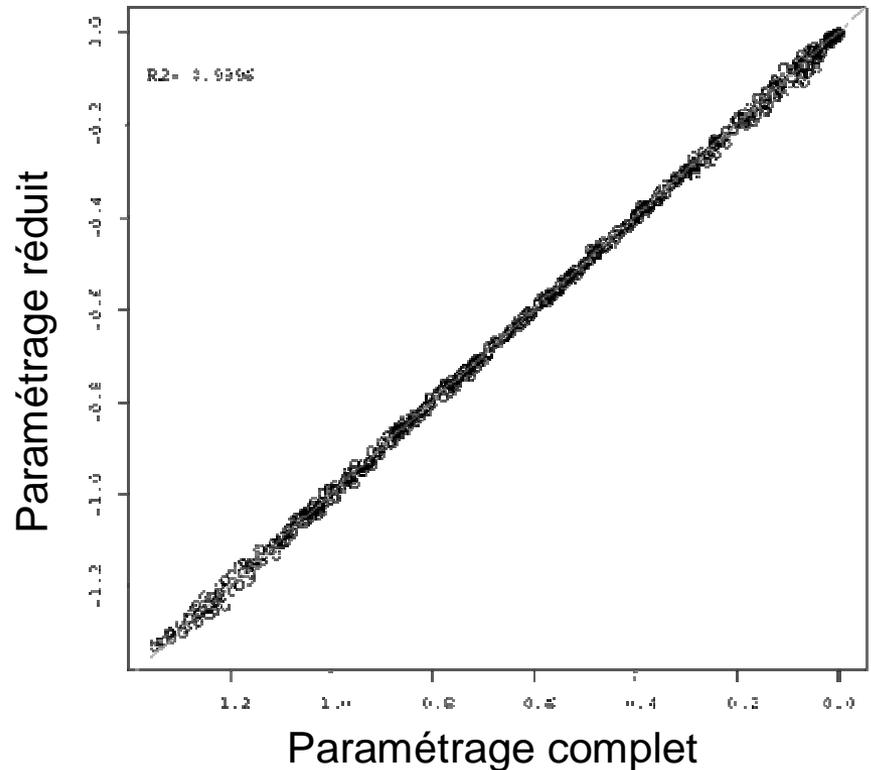


- Pour les 800 expériences on observe la réponse du code au paramétrage complet et réduit
- Adéquation excellente : $R^2 > 0.9$



3 variables
les autres
étant fixées à
la moyenne

Angle de cône



35 variables

Méthode d'ASG en SNS

- Démarche
 - Démarche globale dans l'espace matériau des aciers
 - Echantillonnage LHS de 5 propriétés matériau discrétisées 7 temp.

Dans le cas simulé

- 3 paramètres matériau sont influents (/35)
- Constat validé la réduction de paramétrage



- Hiérarchisation : 2 groupes (loi pareto ?)
 - 3 variables importantes
 - 32 variables peu influentes



(a) Variable de sortie **EnPlus** - R2 = 0.8327

	SIGY20	ALPH20	YOUN20
SRC	-0.582	0.532	0.386
PEARSON	-0.658	0.506	0.339
PCC	-0.659	0.788	0.553

(b) Variable de sortie **EnElas** - R2 = 0.9207

	SIGY20	ALPH20	YOUN20
SRC	-0.65	0.567	0.377
PEARSON	-0.693	0.545	0.352
PCC	-0.818	0.893	0.686

(c) Variable de sortie **Angle** - R2 = 0.9445

	SIGY20	ALPH20	YOUN20
SRC	0.712	-0.612	-0.232
PEARSON	0.72	-0.6	-0.228
PCC	0.881	-0.931	-0.571

(d) Variable de sortie **UZmaxT** - R2 = 0.9361

	ALPH20	SIGY20	YOUN20
SRC	0.891	-0.363	0.119
PEARSON	0.887	-0.352	0.0862
PCC	0.96	-0.662	0.314