

Exemple d'application : Calibration Moteurs avec ICE² (Integrated Calibration Environment for Internal Combustion Engine)

François Wahl

Pec'num²⁰¹⁵

École Centrale de Lyon, 18 mai 2015



Calibration

Quel est le problème

Workflow

Conclusion

Etude sur des véhicules

Smart au gaz naturel



Toyota hybride gaz naturel



Renault VelSatis essence suralimenté



Clever, véhicule écologique urbain



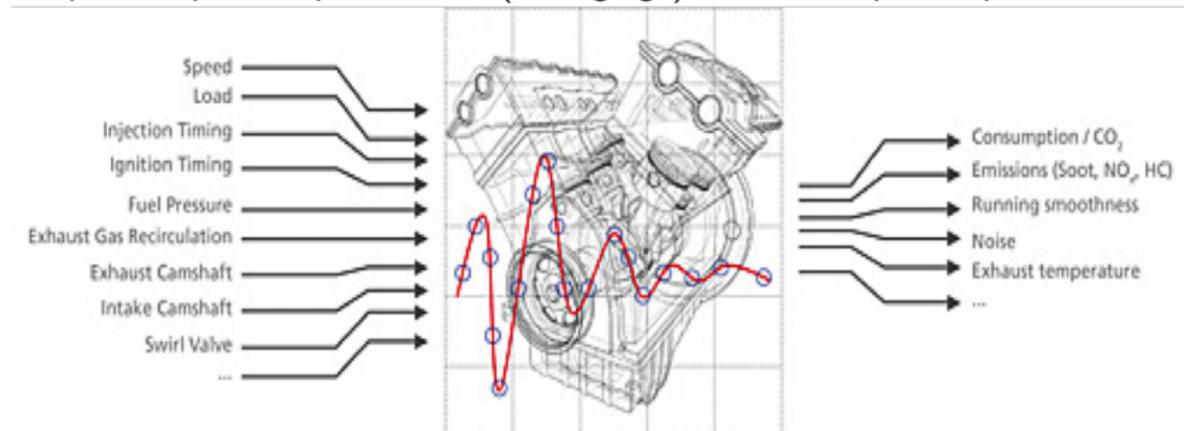
La calibration permet de définir les meilleurs réglages du moteur

Pour satisfaire différents objectifs :

- ▶ Dépollution,
- ▶ Consommation
- ▶ Agrément de conduite
- ▶ Performances

Quel est le problème

De plus en plus de paramètres (de réglage) et beaucoup de réponses



- ▶ Les modèles analytiques ne sont pas encore capables de représenter des phénomènes complexes (i.e NO_x, PM emissions) et la Calibration réalisée à base de simulations est aujourd'hui un axe de recherche de long terme
- ▶ **Recours à l'expérimentation**
- ▶ On ne peut pas balayer l'ensemble des conditions possibles :

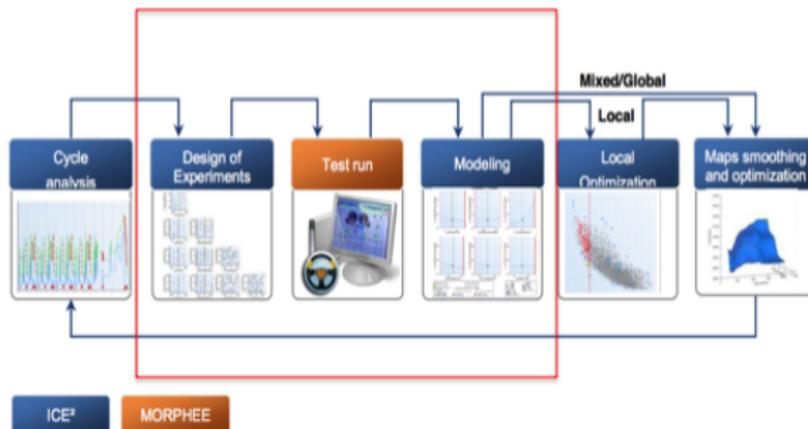
exemple : 8 facteurs à 4 niveaux :

- ▶ $4^8 = 65536$ expériences
- ▶ Un essai = 5 mn

- ▶ Total : 200 jours

- ▶ Les modèles analytiques ne sont pas encore capables de représenter des phénomènes complexes(i.e NO_x, PM emissions).
La Calibration réalisée à base de simulations est aujourd'hui un axe de recherche de long terme
- ▶ **Recours à l'expérimentation**
- ▶ On ne peut pas balayer l'ensemble des conditions possibles
- ▶ **Recours à des modèles empiriques** pour représenter les réponses et à des **plans d'expériences** pour déterminer (au mieux) les coefficients des modèles
- ▶ **PLANS D'EXPERIENCES POUR SURFACES DE REPONSE**

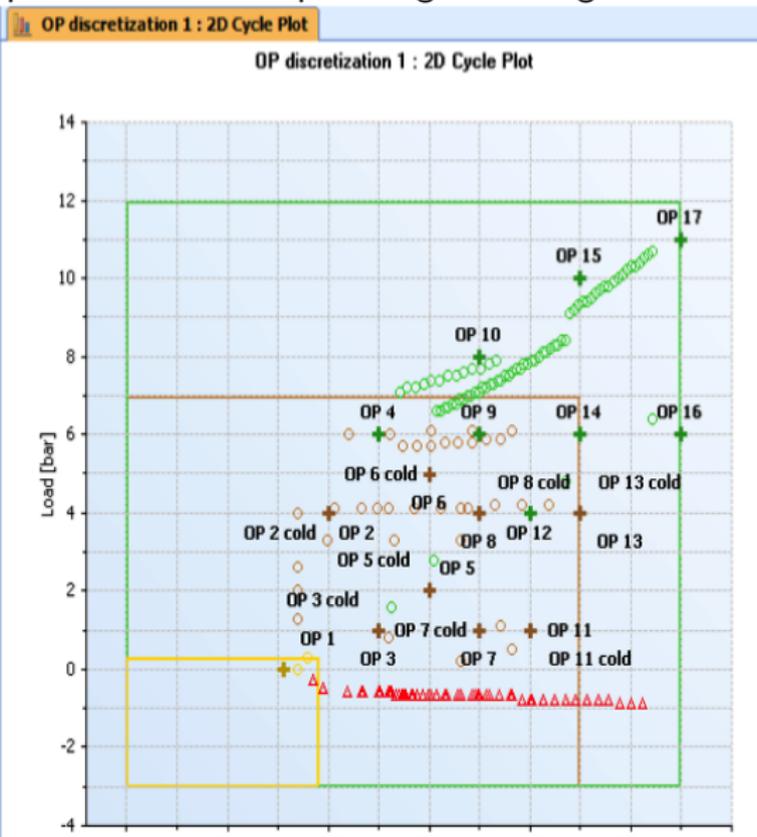
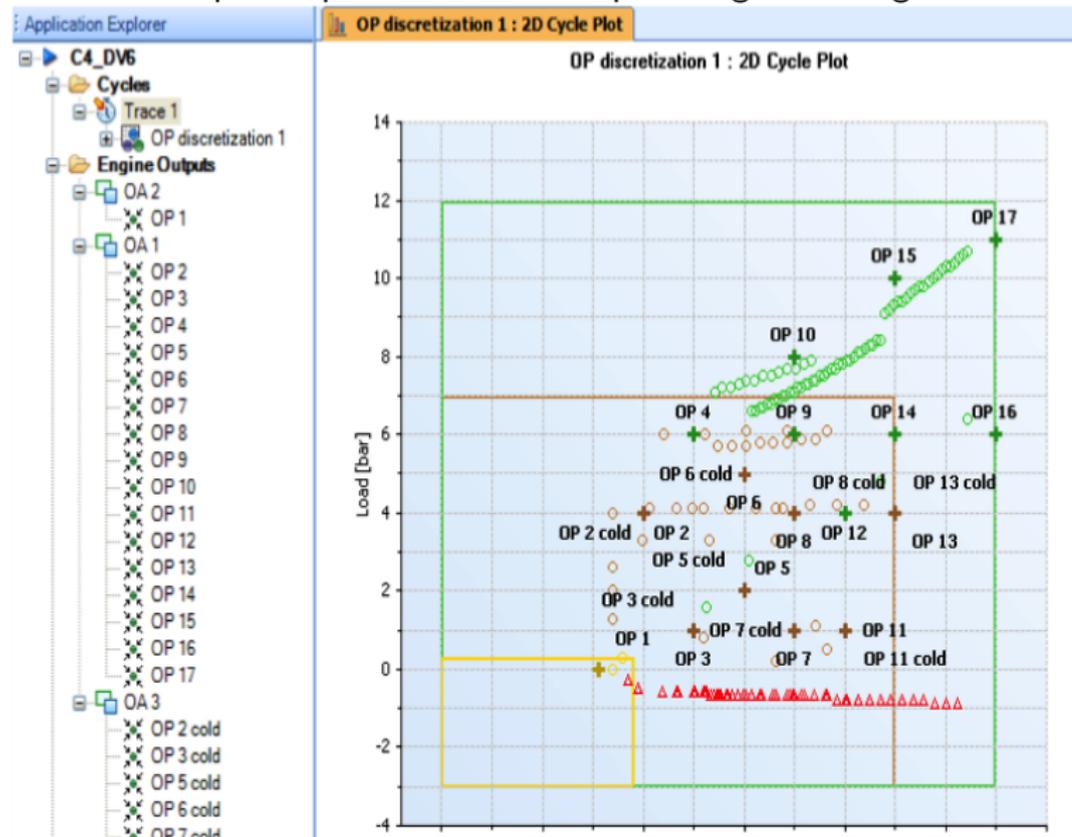
Le workflow global



Analyse du cycle



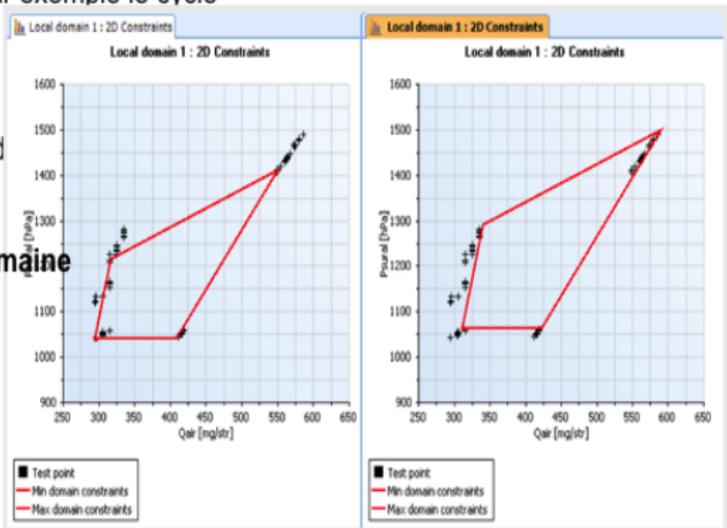
Sélection de points pertinents dans le plan Régime-Charge



Analyse du cycle : les essais sur les bancs moteurs décrivent des cycles de conduite normalisés (par exemple le cycle NEDC)

Sélection de points pertinents : dans le régime charge

Définition du domaine (de calibration)

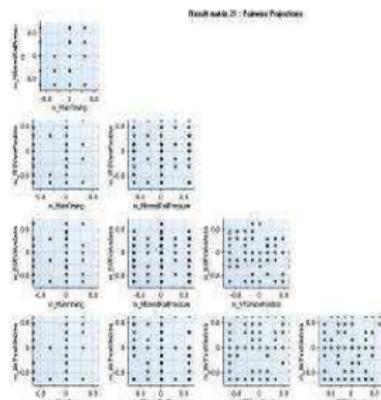


Analyse du cycle : les essais sur les bancs moteurs décrivent des cycles de conduite normalisés (par exemple le cycle NEDC)

Sélection de points pertinents : dans le domaine régime charge

Définition du domaine (de calibration)

Plan d'expériences

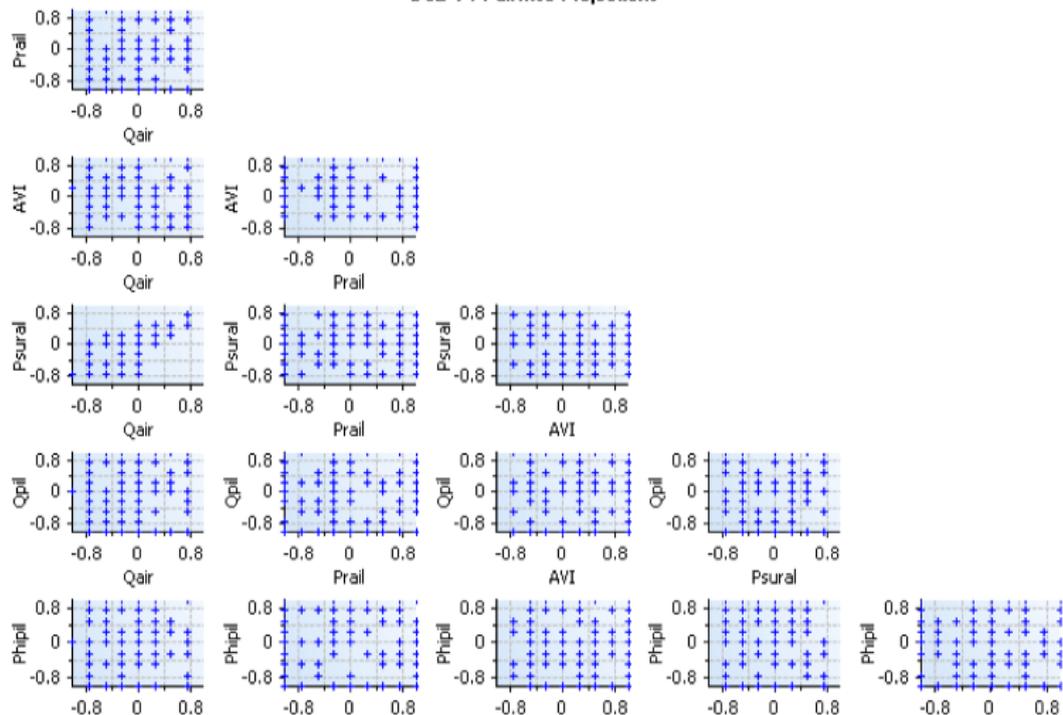


Plans d'expériences D-optimaux, ou Space Filling

Exemple avec 6 paramètres

DoE 1 : Pairwise Projections

DoE 1 : Pairwise Projections



Analyse du cycle : les essais sur les bancs moteurs décrivent des cycles de conduite normalisés (par exemple le cycle NEDC)



Sélection de points pertinents : dans le domaine régime charge

Définition du domaine
(de calibration)

Plan d'expériences



Réalisation des essais

Analyse du cycle : les essais sur les bancs moteurs décrivent des cycles de conduite normalisés (par exemple le cycle NEDC)

Sélection de points

pertinents : dans le domaine régime charge

Définition du domaine
(de calibration)

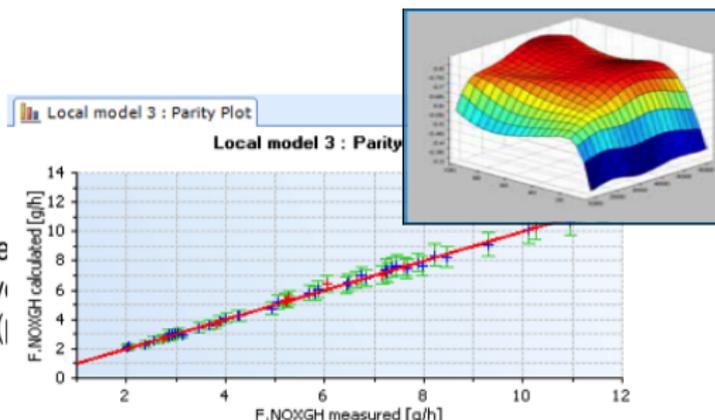
Plan d'expériences

Modélisation

Réalisation des essais

Modèles polynomiaux ou Krigeage

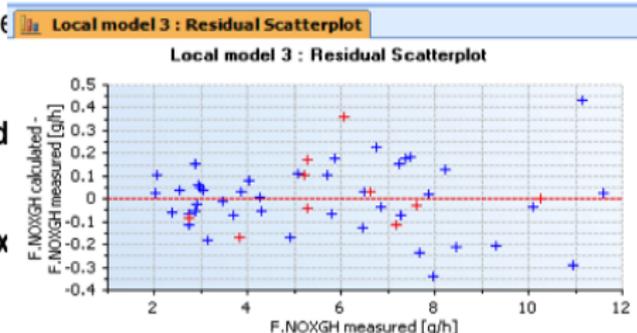
Analyse du cycle : le bancs moteurs décrits par une conduite normalisée (NEDC)



Sélection de points pertinents : dans le régime charge

Définition du domaine (de calibration)

Plan d'exp



Analyse du cycle : les essais sur les bancs moteurs décrivent des cycles de conduite normalisés (par exemple le cycle NEDC)

Sélection de points pertinents : dans le domaine régime charge

Production de cartographies optimisées

Définition du domaine
(de calibration)

Optimisation

Plan d'expériences

Modélisation

Réalisation des essais

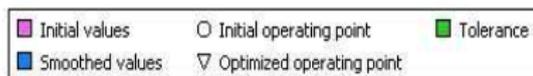
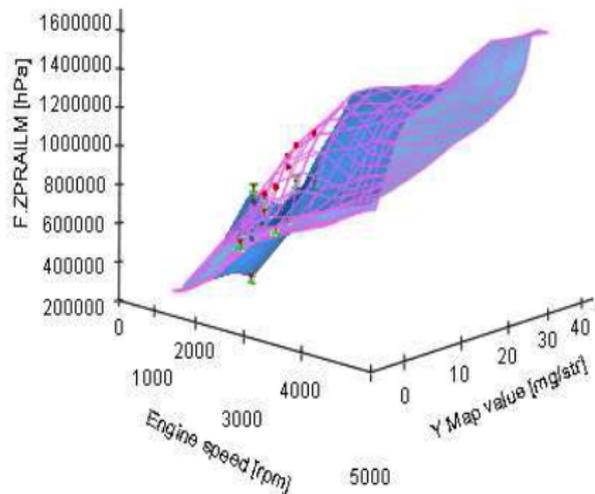
Analyse du cycle : les essais si bancs moteurs décrivent des cycles de conduite normalisés (par ex. NEDC)

Sélection de points pertinents : dans le domaine régime charge

Définition du domaine (de calibration)

Plan d'expériences

Réalisation des essais



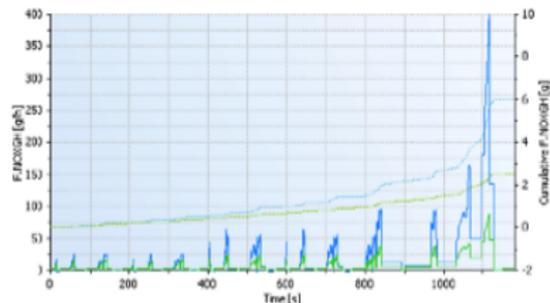
Analyse de bancs moteurs conduite normale (NEDC)

Sélectionner les paramètres pertinents pour le régime de conduite

Définir les paramètres de la courbe

Smoothed maps set 1 : Time Plot

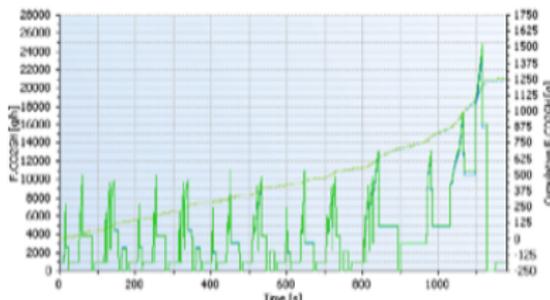
Smoothed maps set 1 : Time Plot



Validation

Production de cartographies normalisées

Validation



Analyse du cycle : les essais sur les bancs moteurs décrivent des cycles de conduite normalisés (par exemple le cycle NEDC)

Validation

Sélection de points pertinents : dans le domaine régime charge

Production de cartographies optimisées

Définition du domaine
(de calibration)

Optimisation

Plan d'expériences

Modélisation

Réalisation des essais

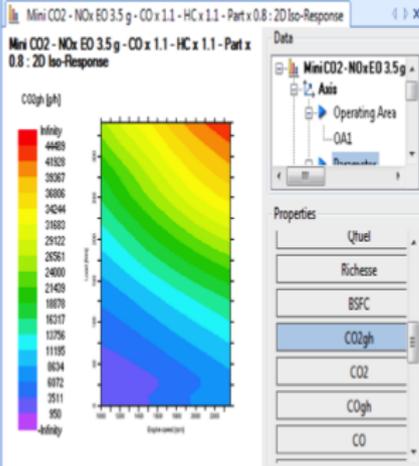
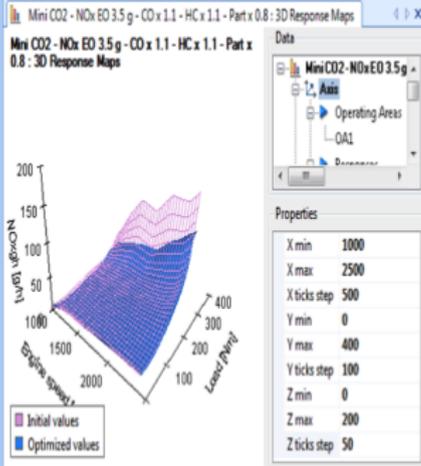
Interface

ICE[®] Beta 2015 - Demo_ICE[®].calib

File Edit Windows Help

Application Explorer

- New Application
 - Cycles
 - WLTC
 - Engine Outputs
 - OAI
 - Global Domain 1
 - DoE 1
 - Result matrix 1_ac_Rd
 - Result matrix 5_sx_Rd
 - Global_model_HP_E
 - DoE 2
 - Result matrix 4
 - Global_model_BPae
 - Alter Treatment
 - AT efficiency according to WLTC ph
 - Maps
 - Cartographies_euro5b
 - Mini CO2 - NOx EO 3.5 g - CO x 1.1 - HC x 1.1 - Part x 0.8 : 3D Response Maps
 - Mini CO2 - NOx EO 3.5 g - CO : 2D Iso-Response
 - Mini CO2 - NOx EO 4 - CO x 1.1 - HC x 1.1 - Part x 0.8 : 2D Iso-Response



Start page Mini CO2 - NOx 3.5 g - CO x 1.1 - HC x 1.1 - Part x 0.8 Editor Mini CO2 - NOx EO 3.5 g - CO x 1.1 - HC x 1.1 - Part x 0.8 Editor

Response	Unit	Initial	Optimized	Experimental	Difference Optimized-initial		
Oegr	kg	11.862	0.51	12.767	0.549	0.905	7.63 %
Oqch	kg	36.339	1.562	34.024	1.463	-2.315	-6.37 %
Ofuel	kg	1.438	6.181e+2	1.463	6.289e+2	2.504e+2	1.741 %
CO ₂ gh	g	4.772.807	205.176	4.285.451	184.225	-487.357	-10.211 %
COgh	g	7.156	0.308	7.872	0.338	0.716	10.001 %
NOgh	g	5.698	0.245	3.5	0.15	-2.198	-38.573 %

Cancel < Back Next > Finish

ICE² (voir le site de D2T) a été développé pour répondre à trois objectifs:

- ▶ Optimiser le processus de calibration en termes de durée et de qualité;
- ▶ Assurer la bonne gestion des données de calibration via l'utilisation d'une plateforme de métadonnées;
- ▶ Guider les utilisateurs pour qu'ils travaillent sur les tâches de calibration sans avoir besoin d'un spécialiste des mathématiques ou de l'outil.