



France

Setting the Standard for Automation™

Le Global Process Control pour la surveillance de process à partir de l'analyse multivariée de courbes collectées

En partenariat avec

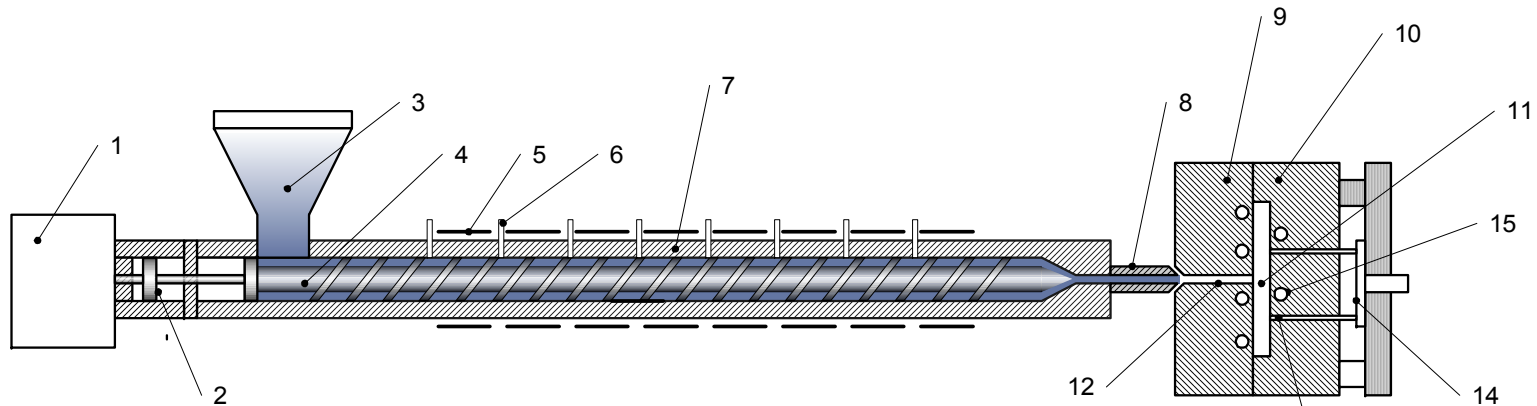


D. Lafaye de Micheaux

Maîtrise et optimisation des processus complexes – Angers - 22 octobre 2014

- 1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter**
2. Problématiques industrielles
3. Approche GPC d'analyse de courbes
4. Construction d'indicateurs
5. Surveillance multivariées GPC d'indicateurs
6. Transformations préalables des courbes
7. Surveillance temps-réel
6. Conclusion

Etude de cas : Presse à injection plastique



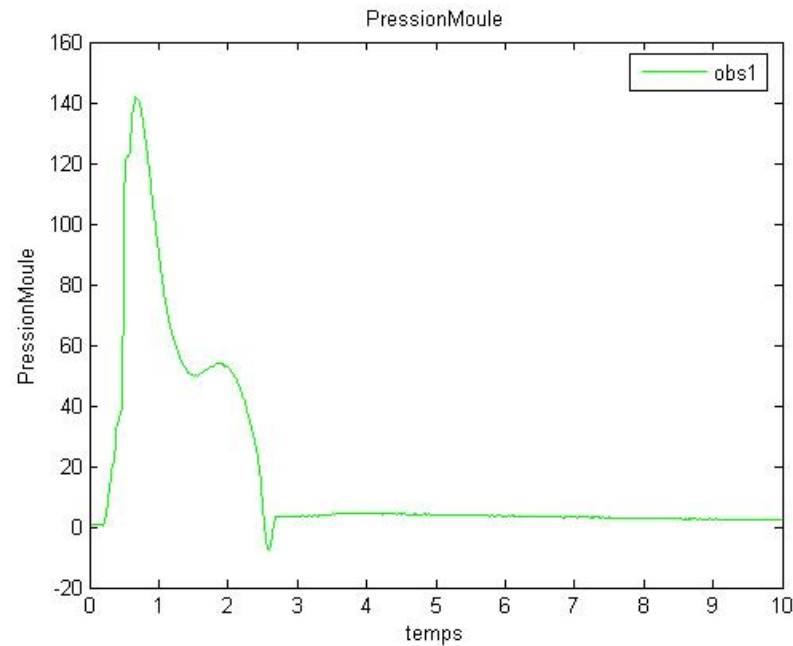
- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| 1. Moteur hydraulique | 8. Buse injection |
| 2. Vérin d'injection | 9. Outillage partie fixe |
| 3. Tremis matière | 10. Outillage partie mobile |
| 4. Vis injection | 11. Empreinte |
| 5. Collier chauffants | 12. Canal d'alimentation |
| 6. Thermocouple | 13. Ejecteur |
| 7. Fourreau | 14. Batterie d'éjection |
| | 15. Canaux de refroidissement |

Pour chaque produit :

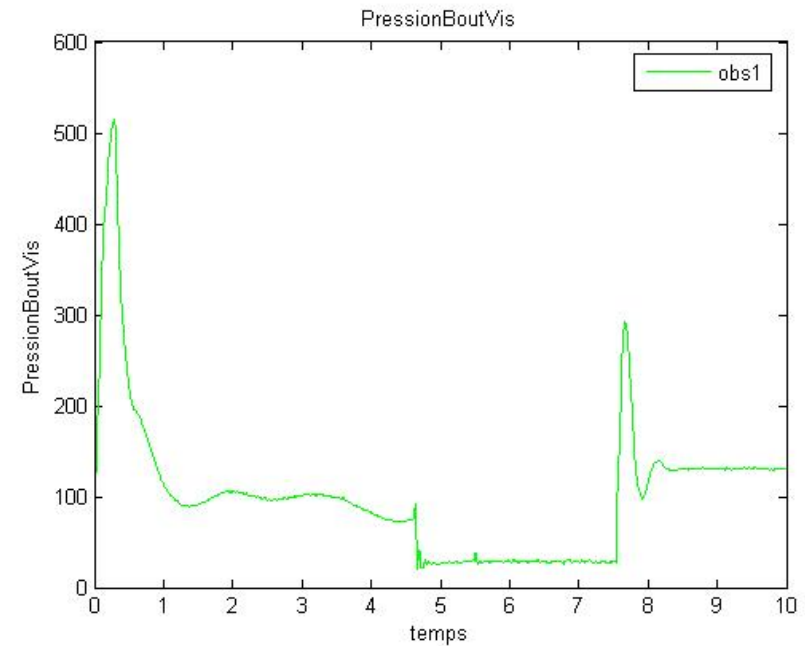
- **un cycle de fabrication : intervalle temporel**
- **mesures scalaires : sur produit , paramètres process**
- **mesures temporelles : mesures process échantillonnées au cours du cycle**

Etude de cas

Courbes collectées lors d'un cycle d'injection



Variable Pression dans le moule



Variable Pression en bout de vis

Etude de cas :

Volume des données disponibles



- **Durée d'1 cycle : 3 secondes à 10 minutes**
- **Variables scalaires par cycle**
 - **paramètres de consigne (1 à 20)**
 - **variables mesurées (1 à 30)**
T°, Pression, Intensité, durée de phase, ...
- **Variables temporelles / cycle**
 - **100 à 5000 instants d'échantillonnage / cycle**
pas toujours identiques entre variables, ou entre cycles
 - **1 à 30 mesures échantillonnées**

➔ Pour 10 variables temporelles sur un cycle de 2 mn échantillonné par 1/100 sec

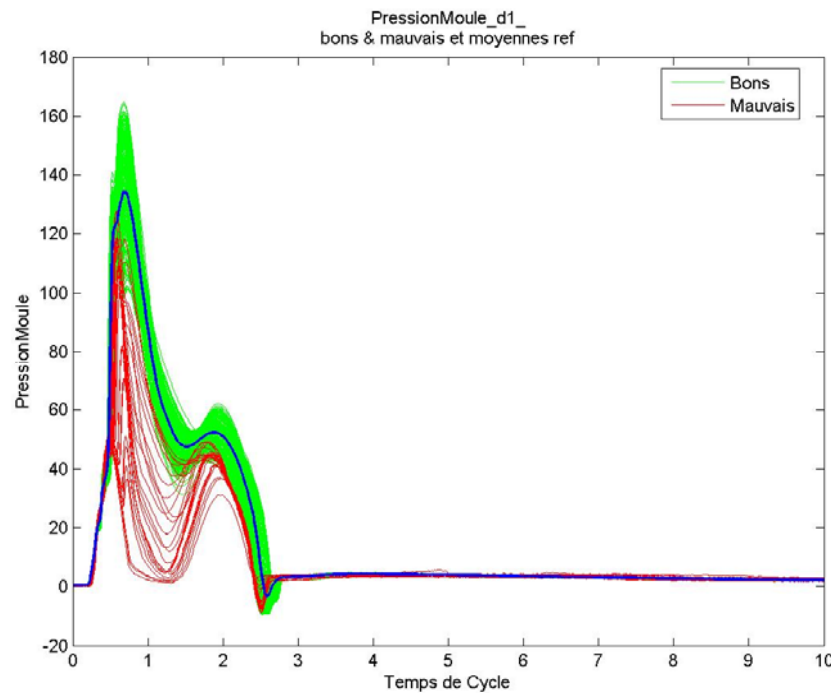
- **60 000 mesures par minutes**
- **120 000 mesures à analyser pour contrôler une pièce**

Etude de cas

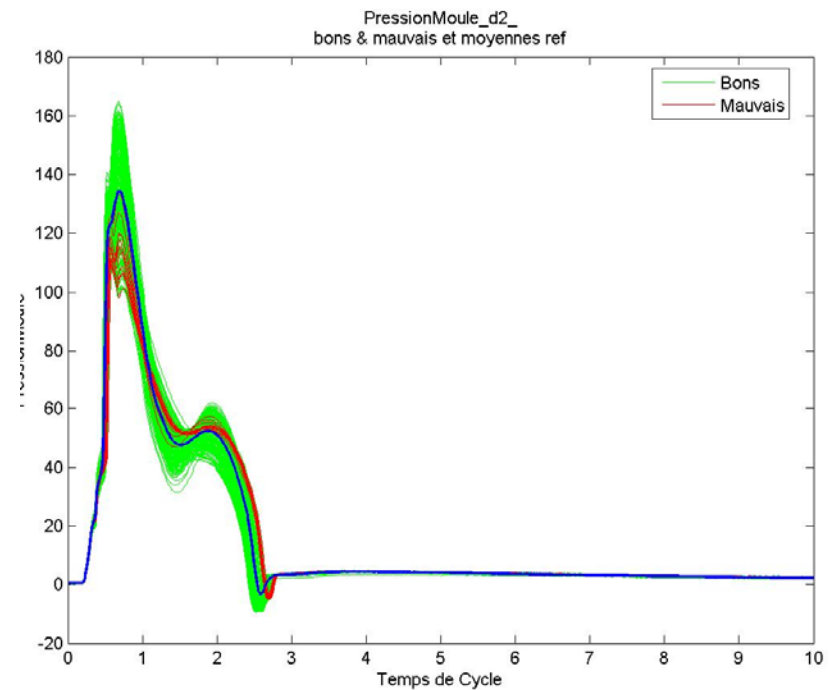
Deux défauts connus



Courbes d'une variable pression dans le moule



Cycle Bons et défauts 1



Cycles Bons et défauts 2

1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter
- 2. Problématiques industrielles**
3. Approche GPC d'analyse de courbes
4. Construction d'indicateurs
5. Surveillance multivariées GPC d'indicateurs
6. Transformations préalables des courbes
7. Surveillance temps-réel
6. Conclusion

- **Ingénierie**
 - mettre au point le processus de fabrication
 - ➔ optimiser les paramètres process
 - ➔ prévenir les dysfonctionnements
 - définir le processus de surveillance temps réel
 - maîtriser la variabilité
 - comparer des équipements, valider des équipements

- **Surveillance temps réel**
 - détecter et identifier les anomalies
 - définir les actions correctrices si nécessaire
 - trier les pièces produites (bon / mauvais)

Types de courbes : courbes temporelles

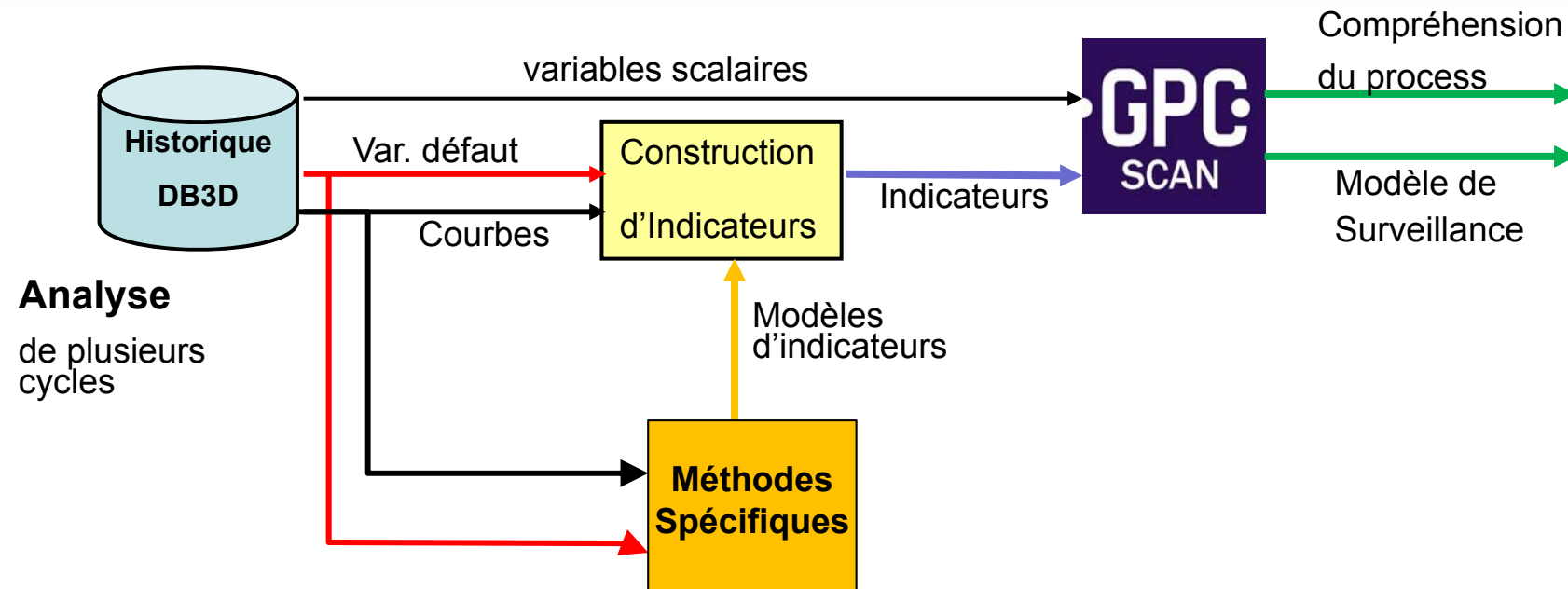
- **Processus de production :**
 - Injection plastique
 - Traitement de surface (semi-conducteur, ...)
 - ...
- **Pour chaque produit :**
 - Un cycle de fabrication : intervalle temporel
 - Mesures scalaires :
 - sur produit , paramètres process
 - Mesures temporelles :
 - mesures process échantillonnées au cours du cycle
t°, pression, débit, intensité, tension,

Types de courbes : spectres, profils, ...

- **Courbes spectrales :**
 - Industrie chimique, agroalimentaire, ...
 - Contrôle produit par spectres infrarouge, colorimétrique, granulométrique, ...
 - Industrie mécanique, production énergétique, machines tournantes
 - Contrôle sur spectres sonores ou vibratoires
- **Courbes de profils :**
 - Suivi de profils d'épaisseur, de largeur , de T° (verre, aluminium,..)

1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter
2. Problématiques industrielles
- 3. Approche GPC d'analyse de courbes**
4. Construction d'indicateurs
5. Surveillance multivariées GPC d'indicateurs
6. Transformations préalables des courbes
7. Surveillance temps-réel
6. Conclusion

Approche GPC d'analyse de courbes



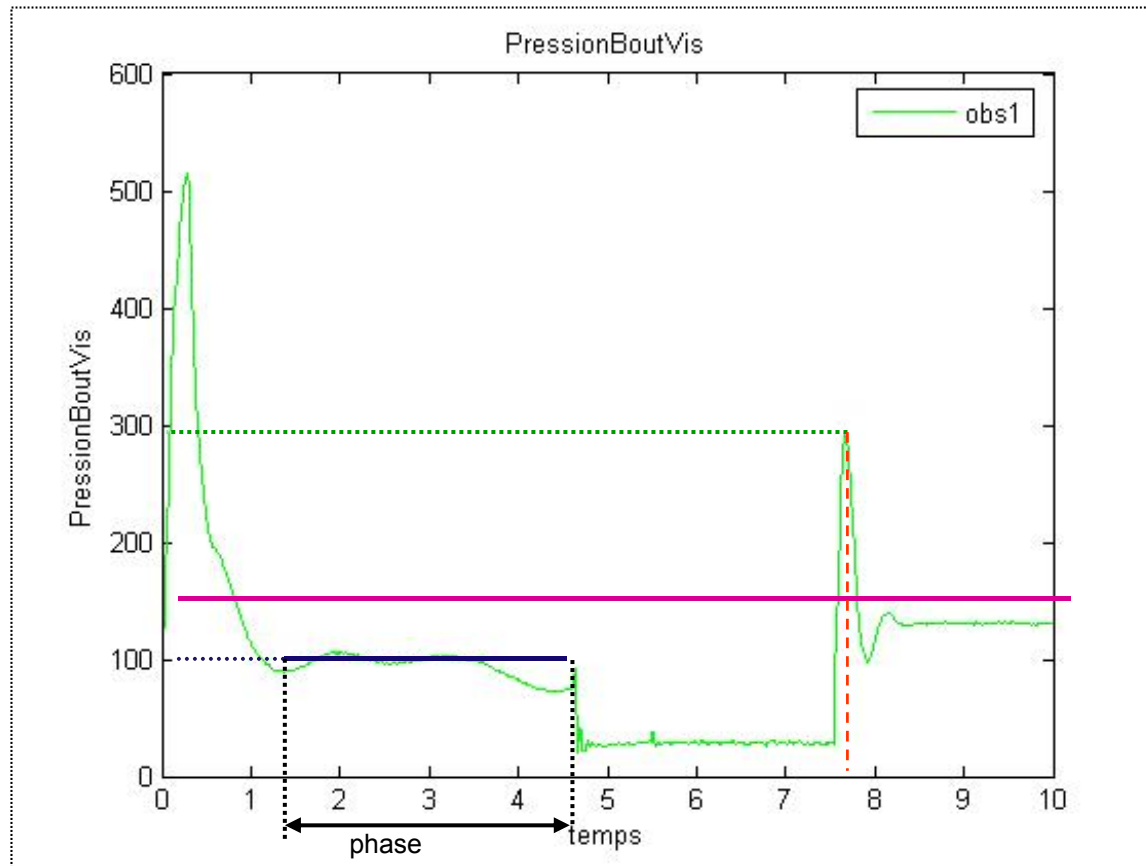
Spécificités de l'approche GPC :

- Modèle de **surveillance multivariée** des indicateurs
- Différents outils de construction d'indicateurs
- Indicateurs définis par **pondérations optimisées**
- **Sélection** des courbes et des indicateurs **selon leur pertinence**

1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter
2. Problématiques industrielles
3. Approche GPC d'analyse de courbes
- 4. Construction d'indicateurs**
5. Surveillance multivariées GPC d'indicateurs
6. Transformations préalables des courbes
7. Surveillance temps-réel
6. Conclusion

Construction d'indicateurs :

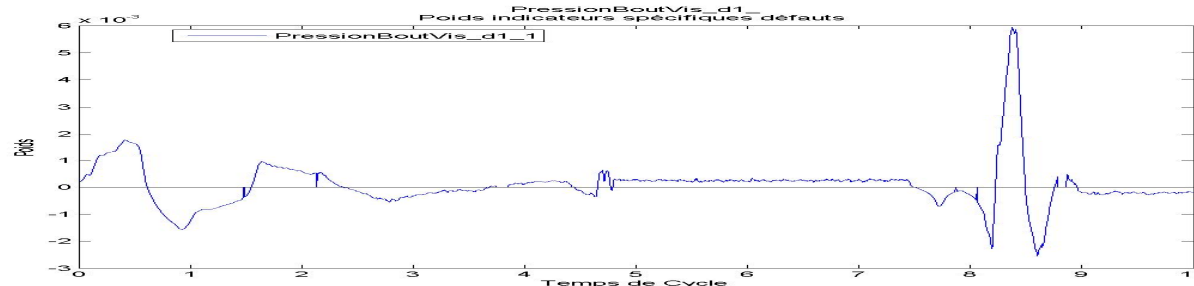
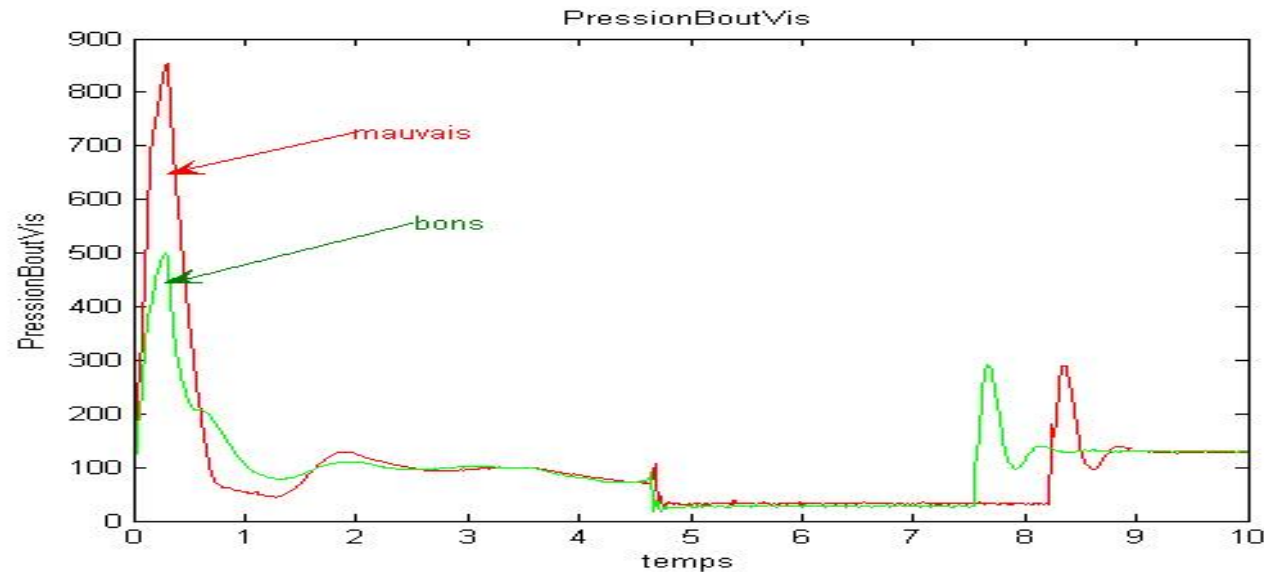
Définitions métier souvent utilisées



- moyenne
 - min, max
 - position max, min,
 - inflexion
 - durée de phase
 - moyenne de phase
- Phase fixée a priori ou
Phase définie par cycle

Construction d'indicateurs

Définition proposée : Moyenne pondérée



– Moyenne de phase

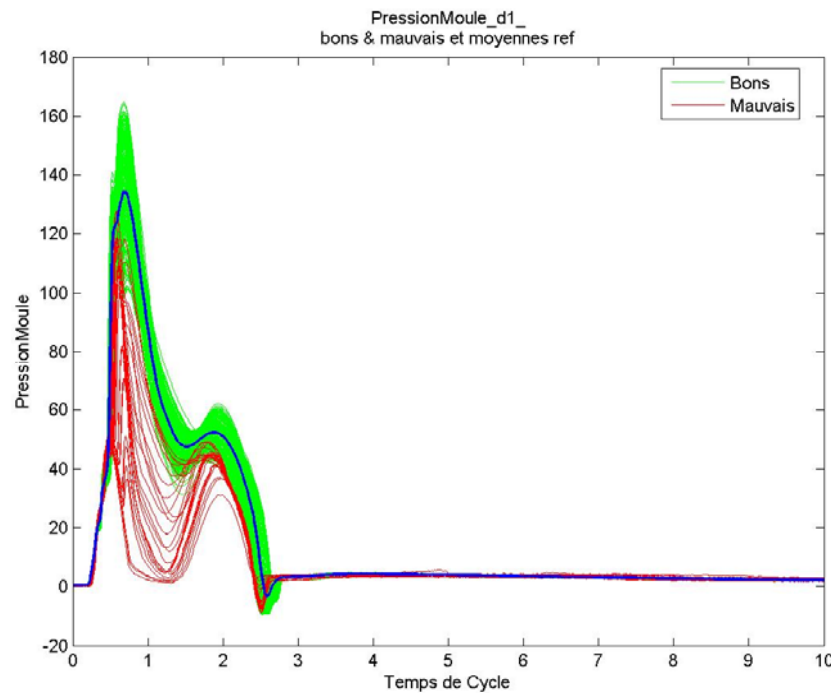
– GPC Curves :
pondération optimale

Etude de cas

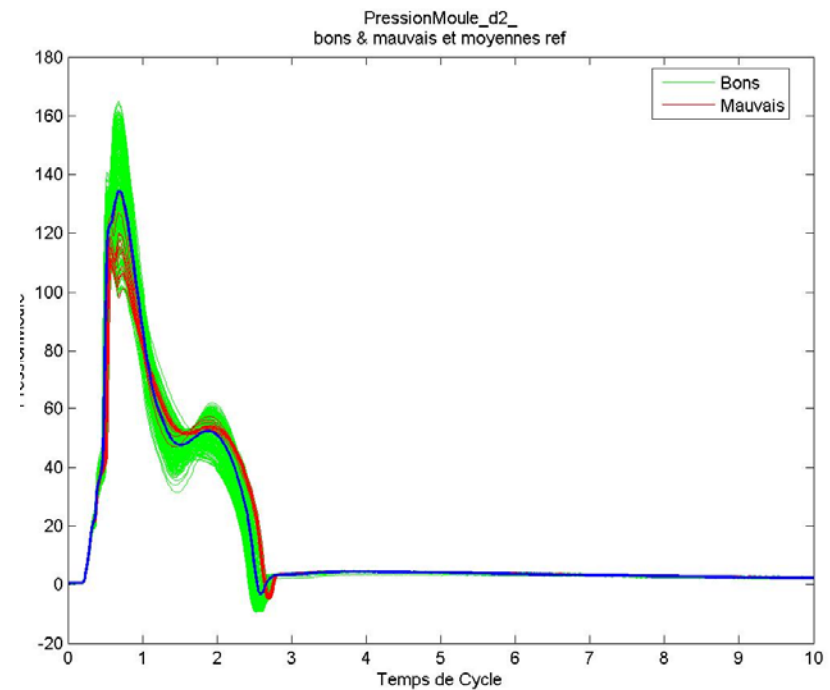
Deux défauts connus



Courbes d'une variable pression dans le moule



Cycles Bons et Défauts 1



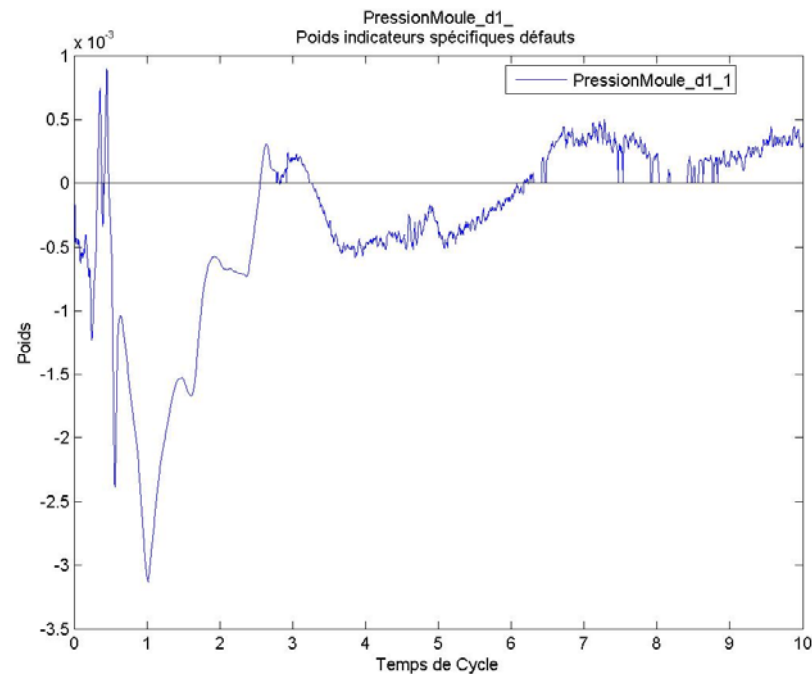
Cycles Bons et Défauts 2

Etude de cas

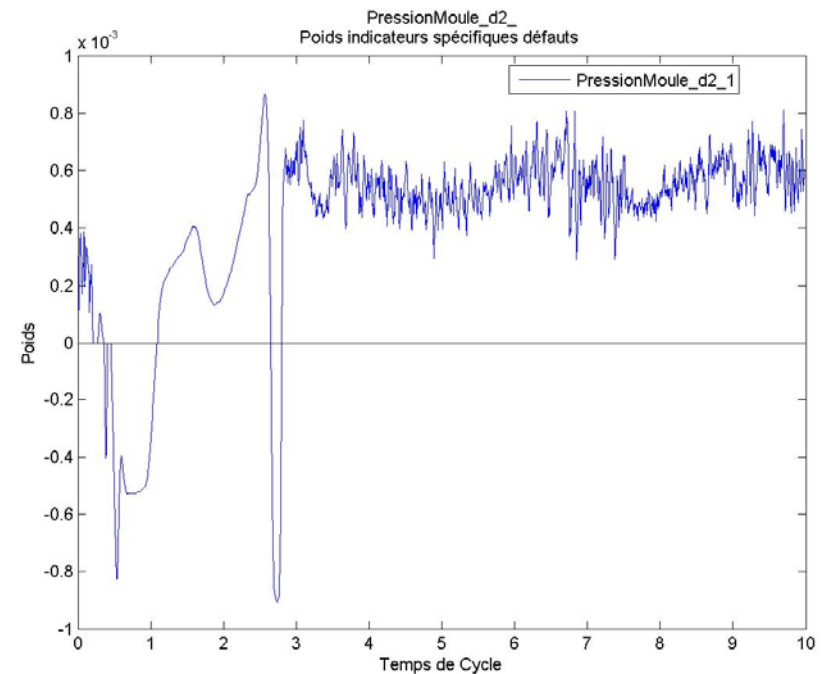
Indicateurs GPC par moyennes pondérées



Courbes de la variable pression dans le moule



Poids optimal pour défaut 1



Poids optimal pour défaut 2

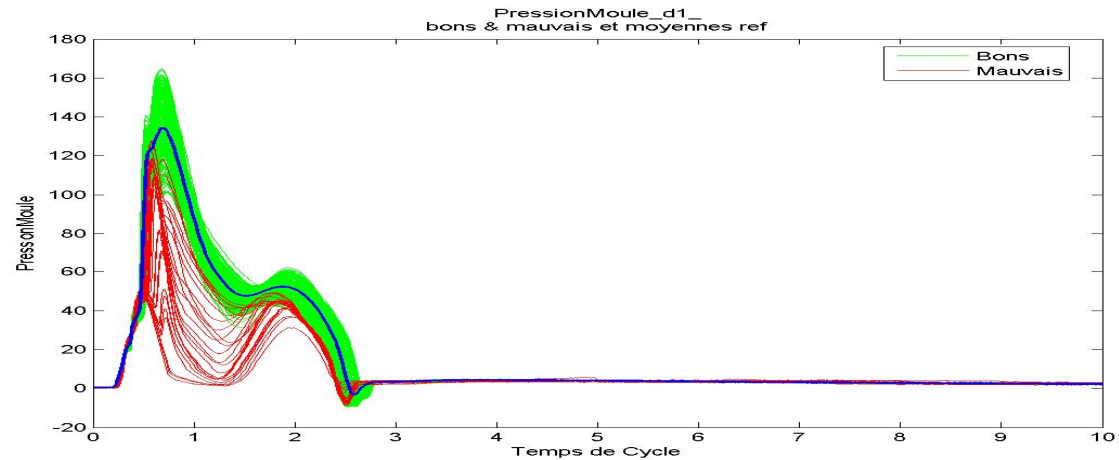
Etude de cas

Indicateur GPC par moyenne pondérée

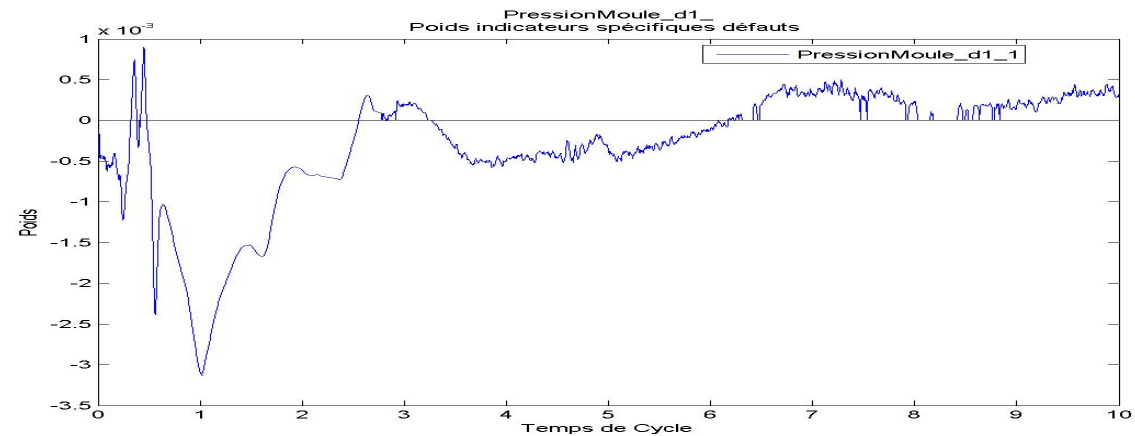


Courbes de la variable pression dans le moule

**Cycles Bons et
Défauts 1**



**Poids optimal
pour Défaut 1**



Sélection d'indicateurs pour défauts connus



Comparaison de qualité des indicateurs

- Choix des courbes les plus pertinentes
- Choix des modèles de construction d'indicateur les plus performants

Critère de pertinence : coefficient de discrimination

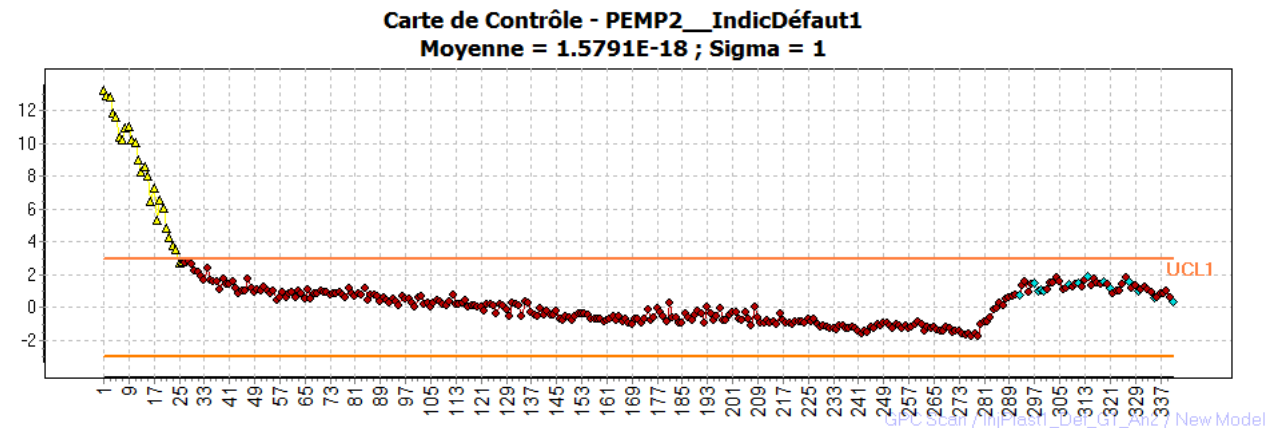
	default	specificCoef	Gr00001	Gr00002
PressionMoule_d1_1	1	10.169	10.169	0.63472
PressionBoutVis_d1_1	1	10.532	10.532	0.94299
PressionMoule_d2_1	2	2.0693	1.6602	2.0693
PressionBoutVis_d2_1	2	2.0794	1.7766	2.0794

Indicateurs retenus

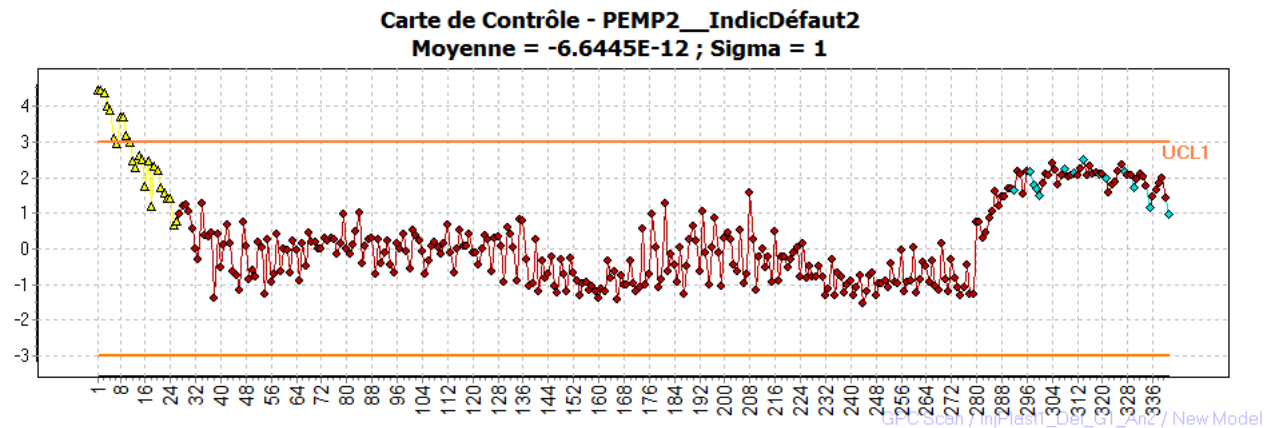
Deux défauts connus, variable pression sélectionnée



Carte Indicateur
défaut 1



Carte indicateur
défaut 2



Construction d'indicateurs pour défauts inconnus



Construction d'indicateurs reflétant « au mieux » la variabilité des courbes

- **Sur historique d'une variable temporelle :**
 - séparation des courbes-cycles : normales/'outlayers'
 - construction de un ou plusieurs indicateurs permettant la discrimination entre normales et 'outlayers'
- **Indépendamment de l'historique :**
 - moyenne temporelle globale
 - moyennes par phases a priori
 - moyenne pondérées par splines

1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter
2. Problématiques industrielles
3. Approche GPC d'analyse de courbes
4. Construction d'indicateurs
- 5. Surveillance multivariées GPC d'indicateurs**
6. Transformations préalables des courbes
7. Surveillance temps-réel
6. Conclusion

Ensemble de solutions pour l'amélioration de la performance en production : Qualité, Productivité, Coûts

Basé sur

- un modèle probabiliste bien adapté au contexte de stabilité des process de production
- des **méthodes originales d'analyses statistiques multivariées**

Extension / complément du SPC et du 6 Sigmas

- Mise en œuvre simple sur les données du SPC
- Détection précoce et identification des perturbations de process et des sources de variations

Validé dans diverses industries

- Semi-conducteur, automobile, métallurgie ...

SPC : Technologie monovariée

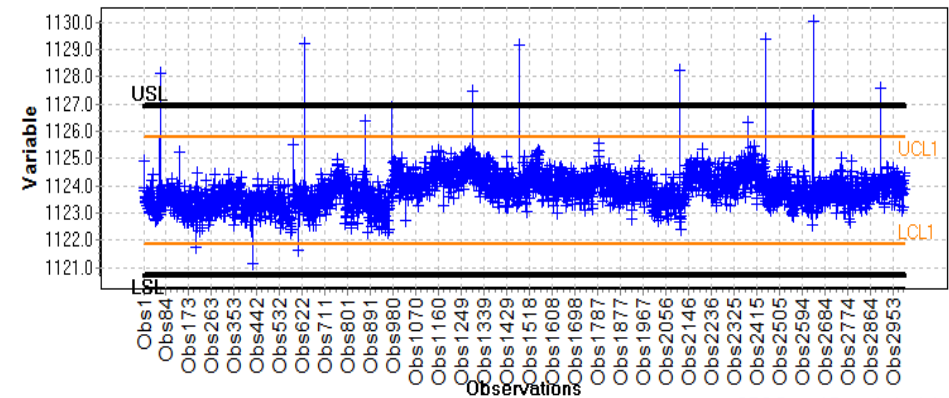


SPC / MSP

Cartes de contrôle séparées :
Graphique pour voir les relations
entre X_i et N°

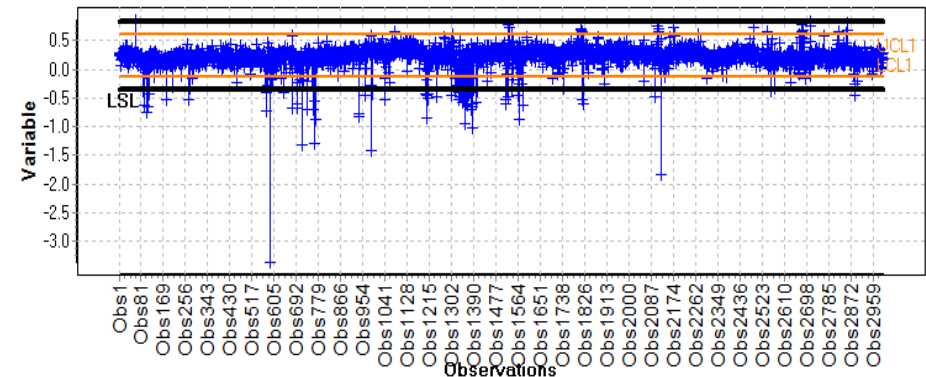
N°	X1	N°	X2	N°	X3	N°	X4
1		1		1		1	
2		2		2		2	
3		3		3		3	
n		n		n		n	

Carte de Contrôle Valeur par Variable, Var16
3000 Observations sélectionnées



GPC Scan / DemolIndus1 / tous

Carte de Contrôle Valeur par Variable, Var24
3000 Observations sélectionnées



GPC Scan / DemolIndus1 / tous

SPC / MSP

Cartes de contrôle séparées :
Visualisation des relations
entre chaque X_i et les N°

N°	X1
1	
2	
3	
n	

N°	X2
1	
2	
3	
n	

N°	X3
1	
2	
3	
n	

N°	X4
1	
2	
3	
n	

GPC

Approche multidimensionnelle :
Visualisation supplémentaire des
interrelations entre les X_i

N°	X1	X2	X3	X4
1				
2				
3				
n				

Analyse simultanée de plus de
100 caractéristiques

Analyse Globale >> la somme des analyses

Analyse GPC de dispersion

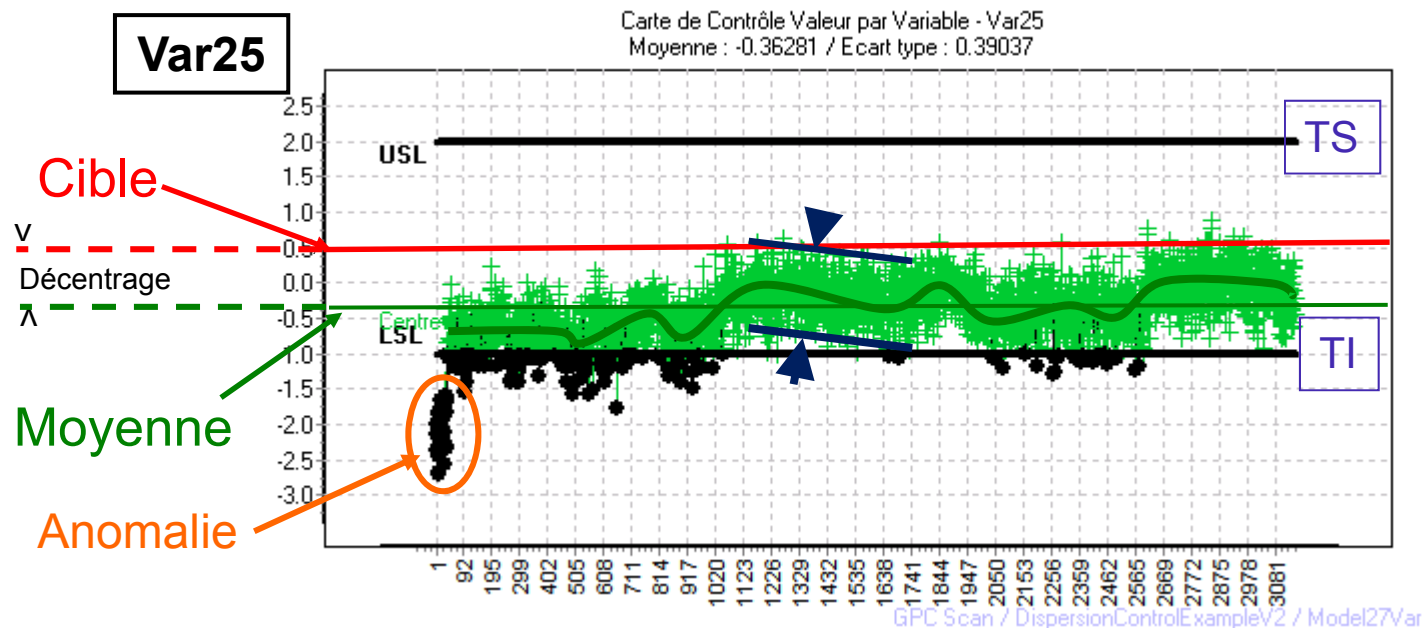


Types de dispersion à distinguer pour les maîtriser

variabilité
exceptionnelle

variabilité
ordinaire

1. Anomalies du process (perturbation)
2. Défaut de centrage (moyenne loin de la cible)
3. Instabilité (la moyenne dépend du temps)
4. Variabilité court terme (bruit)

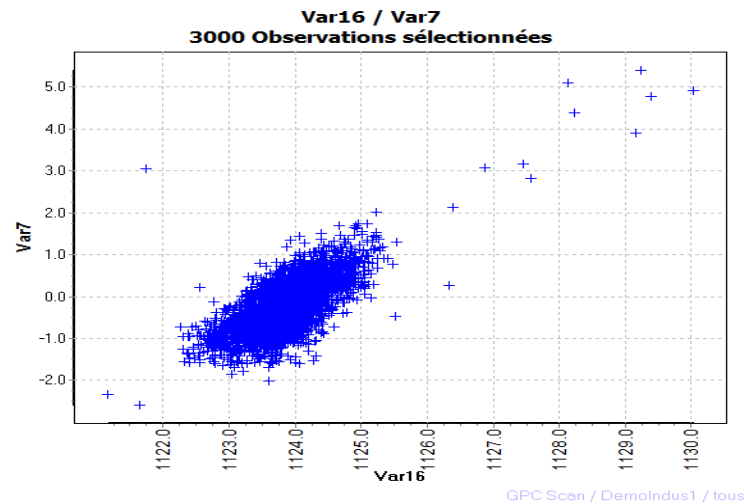


GPC : Technologie multivariée

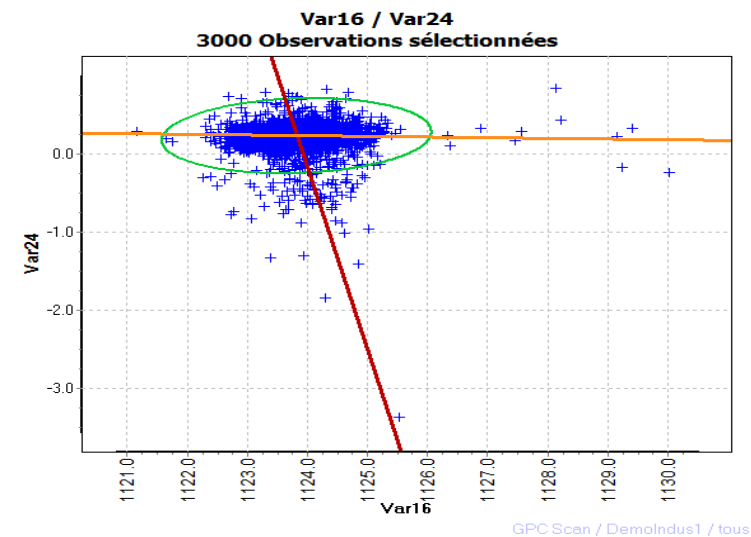
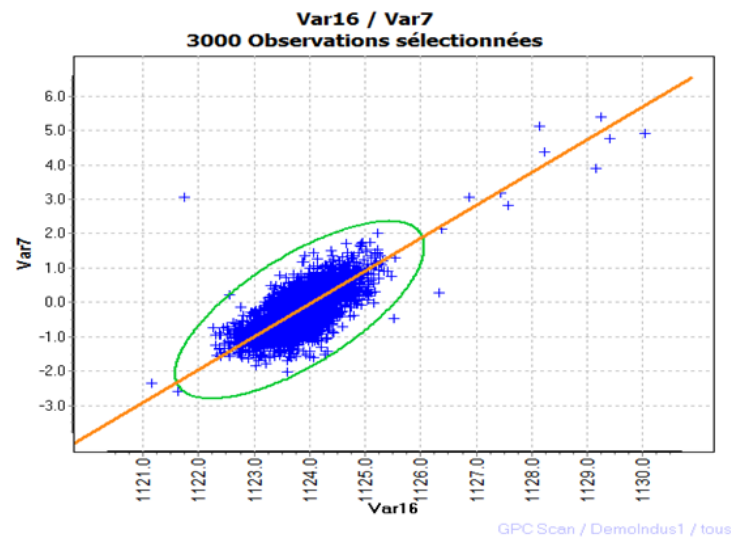
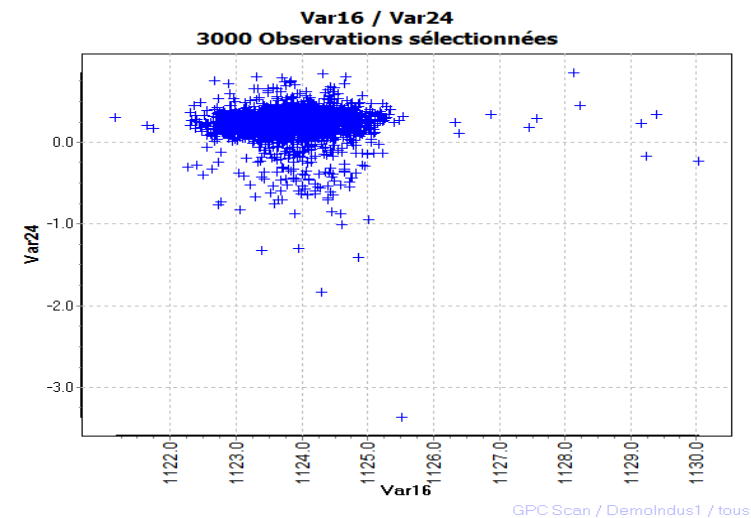
Représentation 2D



Variables 16,7



Variables 16,24

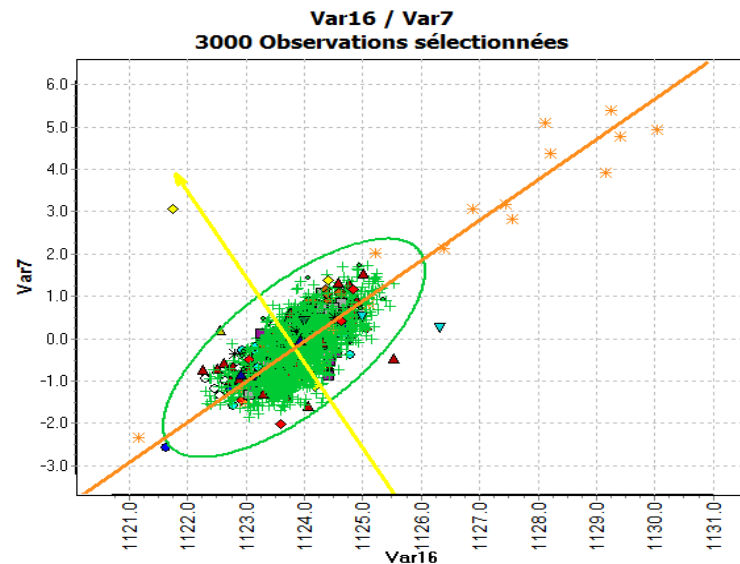


GPC : Technologie multivariée

Représentation 2D

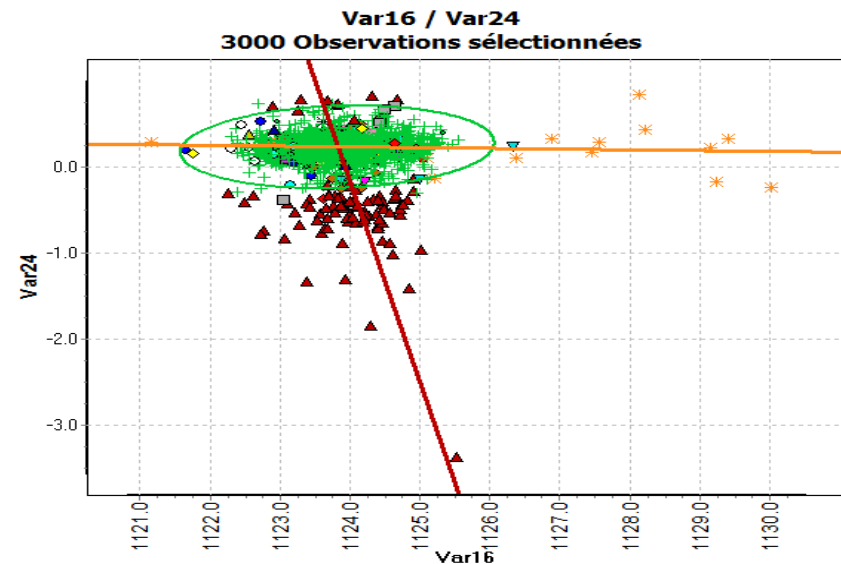


Variables 16,7



GPC Scan / DemoIndus1 / tous

Variables 16,24



GPC Scan / DemoIndus1 / tous

La représentation 2D montre :

- une zone elliptique de fonctionnement ordinaire
- des directions de dispersion en fonctionnement exceptionnel

Les algorithmes GPC :

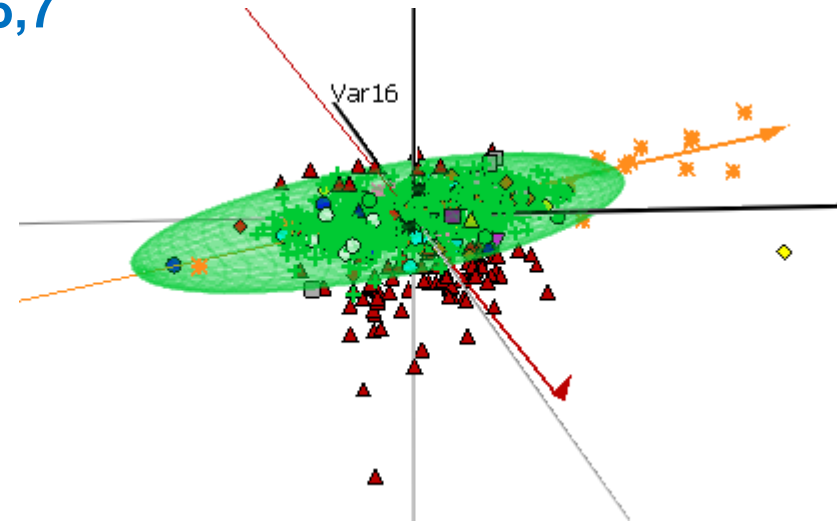
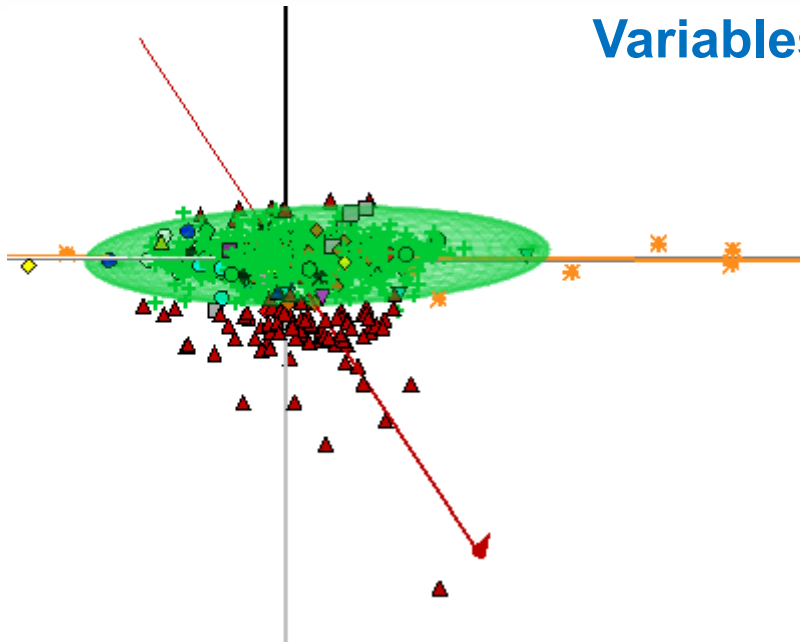
- déterminent la zone de fonctionnement ordinaire (ellipse en 2D)
- classent les points en anomalie → différentes origines de perturbations

GPC : Technologie multivariée

Représentation 3D, ND



Variables 24,16,7



La représentation 3D montre :

- une zone de fonctionnement ordinaire (ellipsoïde)
- des directions de dispersion en fonctionnement exceptionnel

Les algorithmes GPC en dimension N :

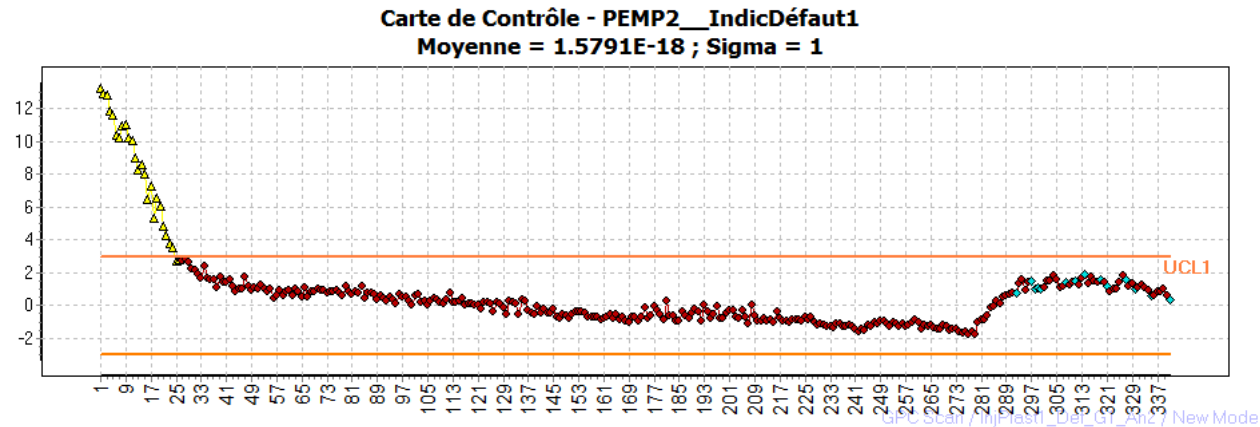
- déterminent la zone de fonctionnement ordinaire
- classent les points en anomalie le long de directions qui se déterminent
→ **différentes origines de perturbations par direction**
- reconnaissent en temps réel les anomalies identifiées dans le modèle de surveillance

Indicateurs retenus

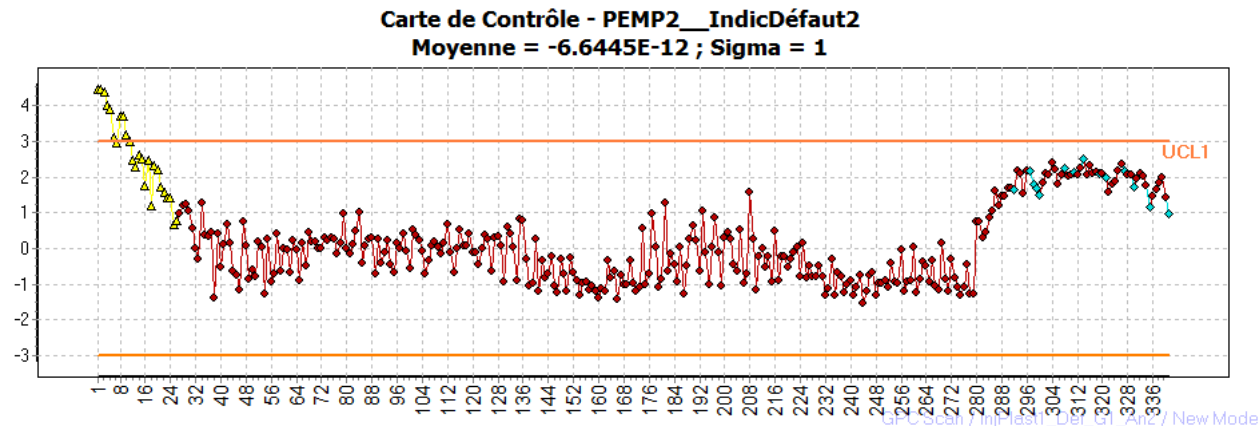
Deux défauts connus, variable Pemp2 sélectionnée



Carte Indicateur
défaut 1



Carte indicateur
défaut 2

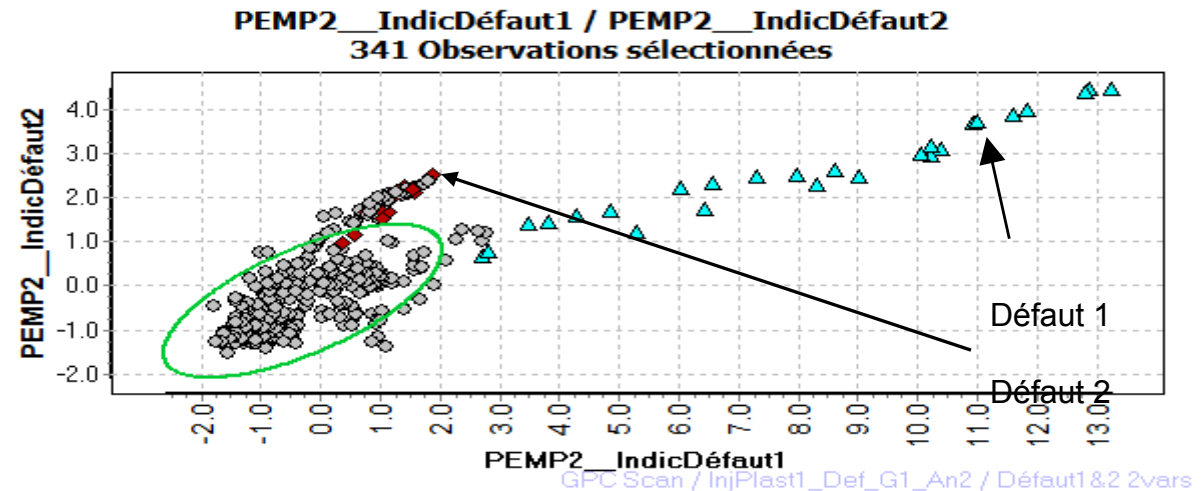


Le contrôle SPC ne permet pas de détecter le défaut 2

Contrôle multivarié GPC des indicateurs

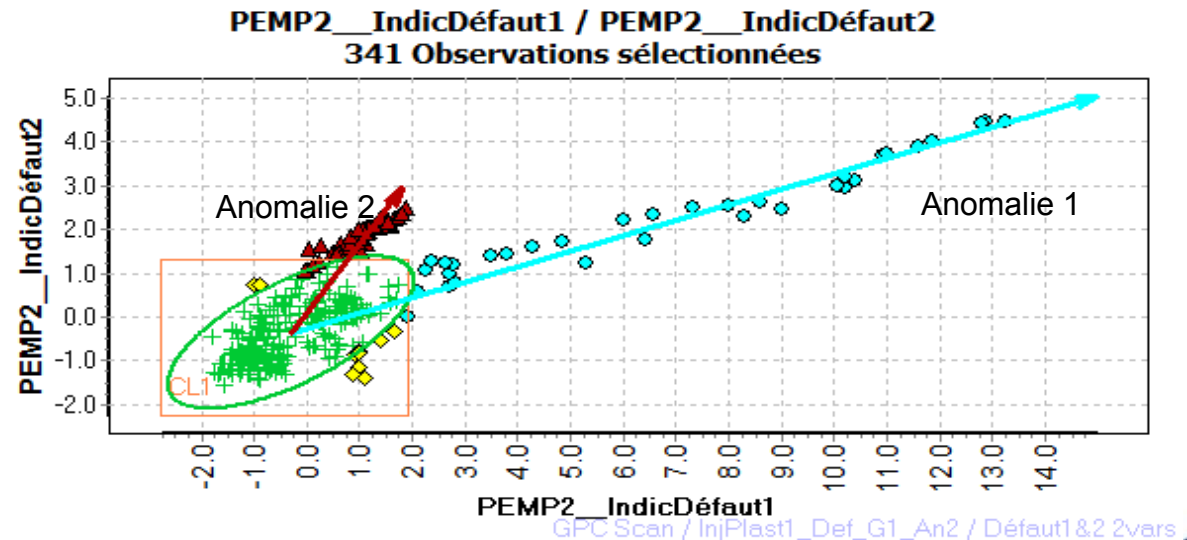


Défauts connus



Anomalies identifiées
par GPC Scan

Les directions
correspondent aux défauts



Le contrôle GPC détecte l'existence possible de défaut 2

Analyse GPC des indicateurs

Conclusion de l'étude de cas



- Les indicateurs de GPC construits par pondération optimale
 - sont pertinents
 - sont conformes au modèle de comportement GPC (ellipse et directions d'anomalies)
- La détection multivariée GPC permet :
 - une identification des défauts
 - une anticipation des défauts
- Les outils de **GPC Curves** ont permis la sélection d'une seule mesure temporelle suffisante pour l'analyse

1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter
2. Problématiques industrielles
3. Approche GPC d'analyse de courbes
4. Construction d'indicateurs
5. Surveillance multivariée GPC d'indicateurs
- 6. Transformations préalables des courbes**
7. Surveillance temps-réel
6. Conclusion

Transformation préalable des courbes

Pour être plus spécifiques



- **Indicateurs de moyenne pondérée appliquée aux courbes transformées :**
 - Courbe lissée : suppression du « bruit »
 - Courbe « poncée » : suppression du bruit en gardant les seuils exceptionnels qui sont significatifs
 - Courbe dérivée : différenciation entre courbes sur des variabilités localisées
 - Spectre
 - Traitements spécifiques du signal

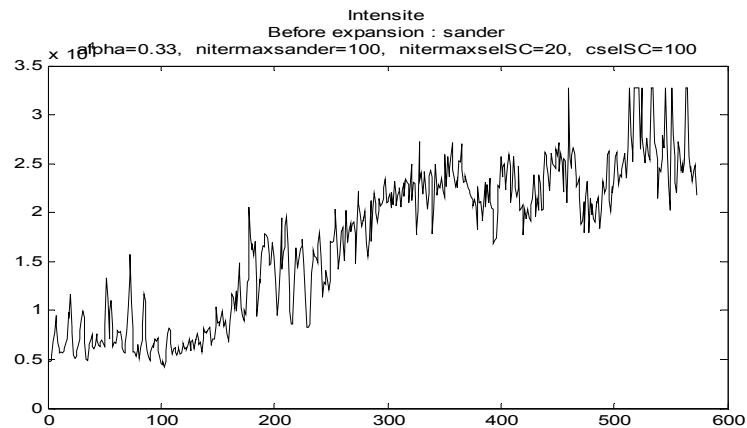
- **Modèle d'indicateur = type de transformation**

+ courbe de pondération

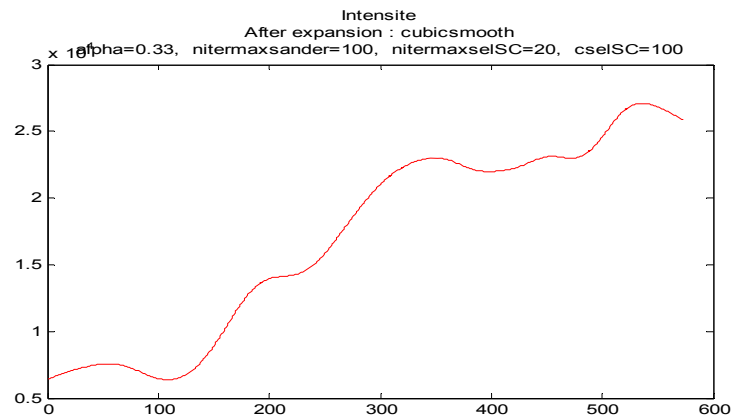
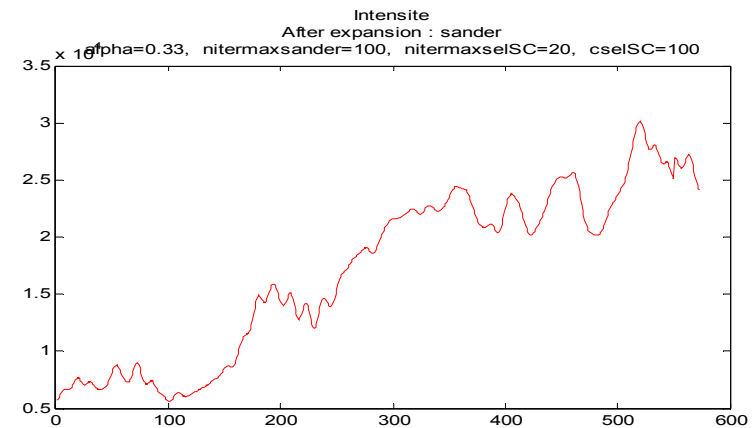
Transformation préalable des courbes



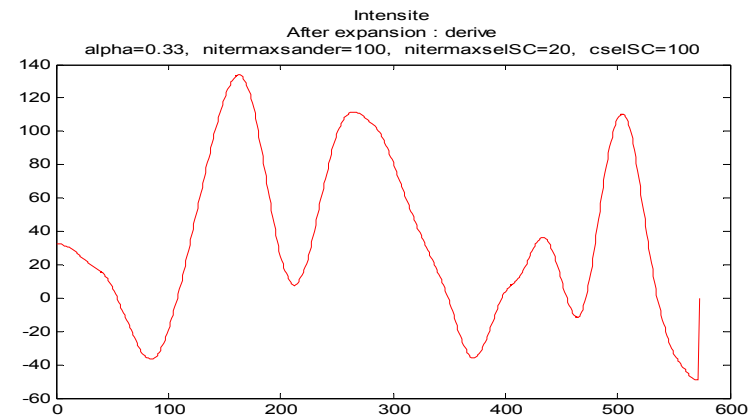
Courbe brute



Courbe « poncée »



Courbe lissée



Courbe lissée dérivée

Plusieurs courbes par observation

Exemple injection plastique :

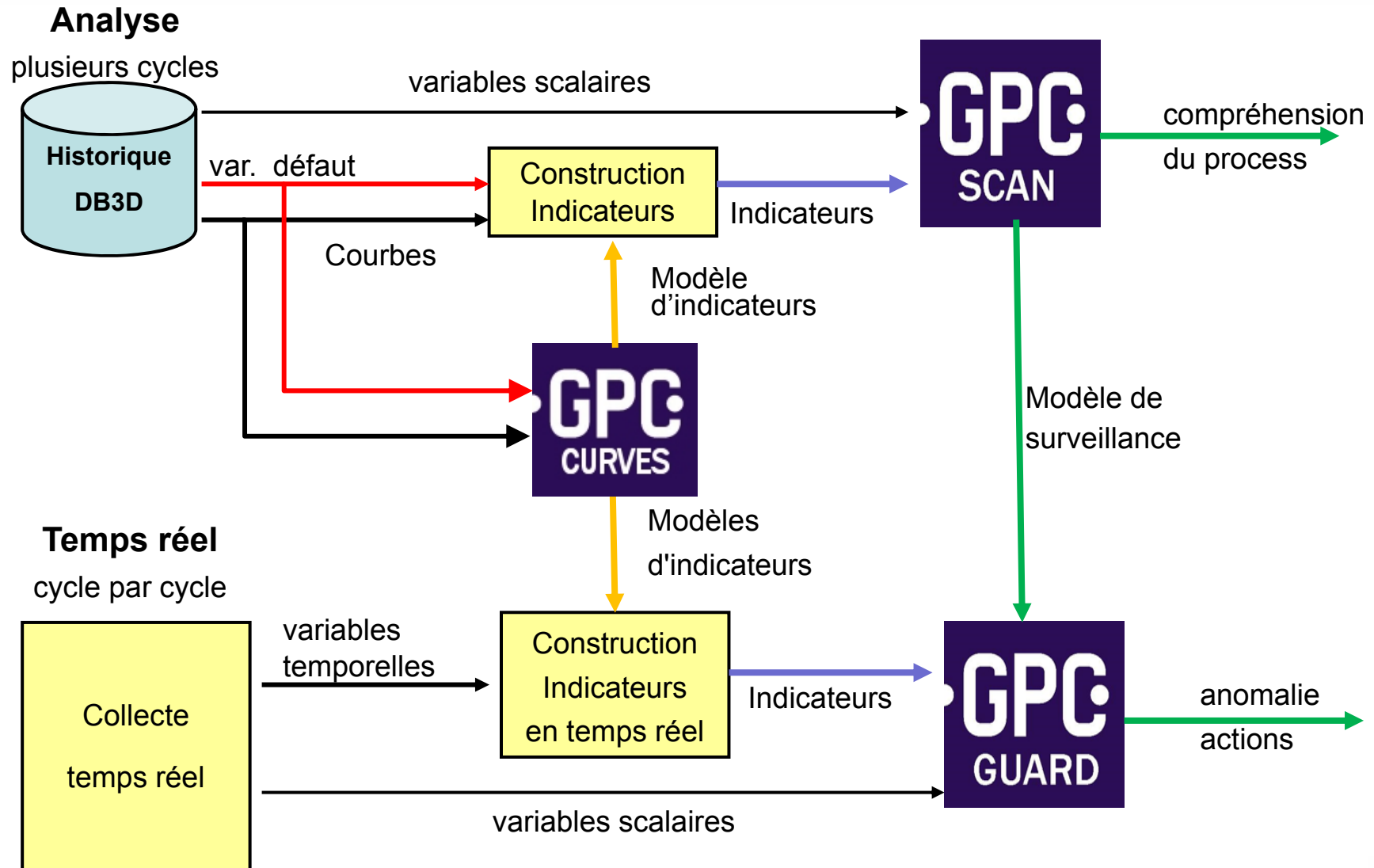
Des courbes de température et pression sont collectées en divers points de la presse et du moule pour chaque pièce produite

Démarche d'analyse de plusieurs variables temporelles

1. Chaque variable temporelle est résumée par un ou plusieurs indicateurs
 2. Ces indicateurs sont triés selon leur « pertinence »
 3. On retient les variables temporelles qui donnent des indicateurs les plus « pertinents »
 4. On sélectionne les meilleurs indicateurs sur ces variables
 5. On construit un modèle de surveillance GPC sur ces indicateurs
- 
- A solid blue shape located in the bottom right corner of the slide, resembling a stylized arrow or a corner piece.

1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter
2. Problématiques industrielles
3. Approche GPC d'analyse de courbes
4. Construction d'indicateurs
5. Surveillance multivariée GPC d'indicateurs
6. Transformations préalables des courbes
7. **Surveillance temps-réel**
6. Conclusion

Approche GPC : Analyse et temps réel



1. Etude de cas : plasturgie / presse à injecter
2. Problématiques industrielles
3. Approche GPC d'analyse de courbes
4. Construction d'indicateurs
5. Surveillance multivariée GPC d'indicateurs
6. Transformations préalables des courbes
7. Surveillance temps-réel
6. **Conclusion**

CONCLUSION



- Les **outils multivariés** du **Global Process Control** sont applicables pour surveiller un process ou un équipement lorsque l'on collecte des courbes : ils opèrent sur des indicateurs scalaires calculés à partir des courbes.
- **GPC Curves** propose différentes méthodes pour **construire des indicateurs** pertinents à partir de courbes. Ces indicateurs sont très **simples et rapides** à calculer : un simple produit scalaire ; ils sont compatibles avec une **surveillance en temps réel**.
- GPC Curves permet de **sélectionner** les courbes et les indicateurs les plus pertinents.

CONCLUSION



- Cet aspect de la technologie GPC a été utilisé avec succès dans plusieurs domaines industriels : semi-conducteur, plasturgie, électrotechnique.
- La collecte rapide et bon marché de courbes spectrales (IR, sonore, vibratoire, ...) ouvrent un champ large d'application.
- La société GPC System souhaite créer des partenariats pour évaluer cette technologie dans de nouvelles situations.



www.gpc-system.com