



Aide à la décision pour l'optimisation de la maintenance des stations de compression de gaz naturel

Réunion Groupe FIMA – jeudi 04 décembre 2014

J. Blondel, L. Marle - CRIGEN
A. Abdesselam – GRTgaz
F. Brissaud - DNV France

GDF SUEZ
BY PEOPLE FOR PEOPLE

Presentation Plan

- Objectifs de l'étude
- Données, définitions et hypothèses
- Méthodologie
- Principaux résultats
- Conclusions et perspectives

"crigen



Objectifs de l'étude

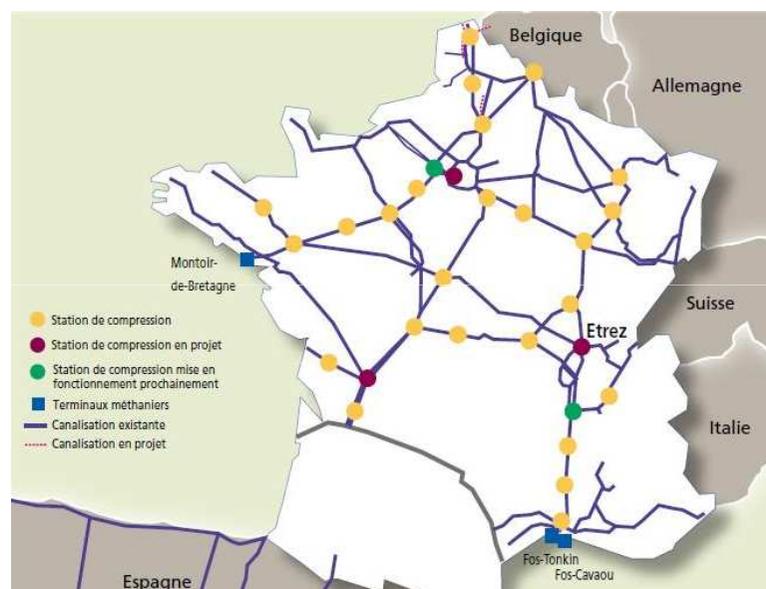
Réunion Groupe FIMA – jeudi 04 décembre 2014



GDF SUEZ

Contexte Industriel

- GRTgaz est un des transporteurs de gaz naturel qui assure la gestion et le développement d'un réseau de canalisations sous haute pression sur le territoire français.



- Le CRIGEN, le Centre de Recherche et d'Innovation Gaz et Energies Nouvelles, au sein de GDF SUEZ, apporte son soutien méthodologique à GRTgaz dans le développement de politiques de gestion d'actifs, de maîtrise de la sécurité industrielle.



Le CRIGEN, le Centre de Recherche et d'Innovation Gaz et Energies Nouvelles "crigen"

Performance opérationnelle,
sécurité industrielle, optimisation des actifs,

GNL

Maitrise des risques industriels

Réseaux aciers / réseaux polyéthylène

Caractéristiques des gaz et métrologie

E&P / Stockage d'énergie
Captage, Transport et Stockage du CO2

Produits, services et systèmes énergétiques,
empreinte et performance environnementale

Eco-quartier / ville de demain / bâtiment
Mobilité durable

Evaluation environnementale / ACV

Efficacité énergétique dans l'industrie
Usine éco-conçue

Gaz renouvelables / Nouveaux gaz

Intégration des nouvelles technologies,
outils de mobilité, big data, sécurité des SI industriels

Technologies numériques

Nanotechnologies

Smart technologies

Normalisation



Objectifs de l'étude

- L'objectif de l'étude est d'aider GRTgaz dans l'optimisation de la maintenance des stations de compression de gaz naturel.



- Elle s'appuie sur une modélisation de la disponibilité d'une station en prenant en compte :
 - Les probabilités de défaillance des différents équipements ayant un impact sur la disponibilité.
 - Les actions de maintenance préventive et corrective.
 - Les coûts de maintenance et d'indisponibilité.



"crigen



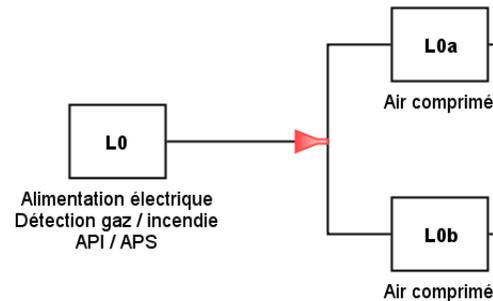
Données, définitions et hypothèses

Réunion Groupe FIMA – jeudi 04 décembre 2014



GDF SUEZ

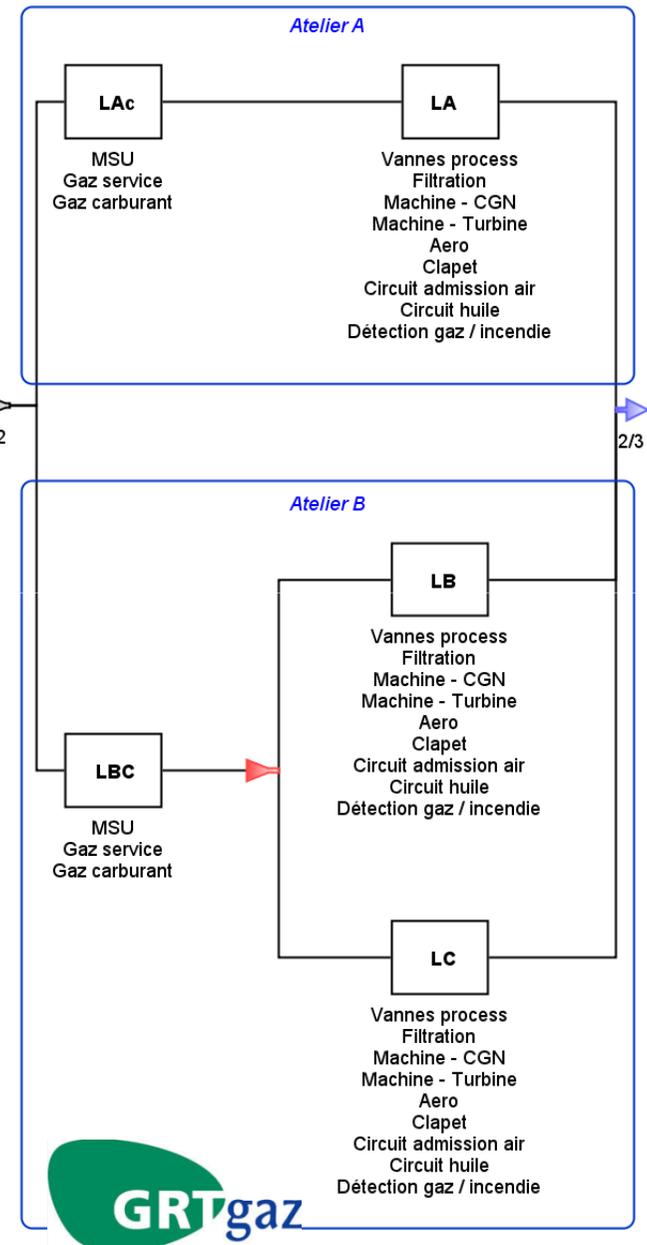
L'architecture fonctionnelle de la station de compression



•Des "blocks" en série (connexion en ligne) signifient que le bon fonctionnement de chacun de ces éléments est nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble.

•Des "blocks" en parallèle (connexion "1/2") signifient que le bon fonctionnement d'au minimum un de ces éléments (en amont de la connexion) est nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble.

•Des "blocks" selon une architecture en 2-sur-3 (connexion "2/3") signifient que le bon fonctionnement d'au minimum deux de ces trois éléments (en amont de la connexion) est nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble.



Données, définitions et hypothèses

- Seuls les éléments considérés comme **critiques du point de vue de la disponibilité** sont pris en compte dans cette étude.
- Les éléments fonctionnels de base (EFB) de la station de compression de Palleau ont été décomposés en **parties** et chaque partie a été décomposée en **sous-ensembles**.
- Par exemple, l'alimentation électrique a été décomposée en 4 sous-ensembles :
 - Groupe électrogène
 - Transformateur HT
 - Batterie
 - Onduleur et chargeur
- Chaque sous-ensemble sera lui-même décomposé en **"unités maintenables"**.

Données, définitions et hypothèses

- Prise en compte de l'architecture fonctionnelle du système : équipement **en série** ou **en parallèle** (redondance).
- Deux modes de fonctionnement sont modélisés : **en continu** ou **à la sollicitation**.
- Les fréquences de sollicitation sont définies à l'échelle du "sous-ensemble" et sont alors applicables à l'ensemble des "unités maintenables" de chaque sous-ensemble.
- Modèle de fiabilité prenant en compte le vieillissement : **modèle de Weibull** à deux paramètres η et β .

Données, définition et hypothèses

- **Maintenance préventive** : Durées des actions et leurs périodicités. la maintenance préventive est autorisée sur un élément donné :
 - après vérification de la disponibilité des éléments redondants à celui-ci, quand ils existent.
 - sous réserve que les ressources de maintenance correspondantes soient disponibles
- **Maintenance corrective** : Les actions de maintenance corrective débutent dès que la défaillance d'une unité maintenable est détectée, sous réserve que les ressources de maintenance correspondantes soient disponibles :
 - Lorsqu'une unité maintenable est en mode "continu", sa défaillance est détectée dès son apparition.
 - Lorsque l'unité maintenable est en mode "à la sollicitation", cela se produit dès la sollicitation de cette unité maintenable défaillante, ou à la suite d'une action de maintenance préventive sur celle-ci.
- **Les ressources de maintenance** :
 - Le nombre maximal de ressources de maintenance disponibles à chaque instant
 - La nombre de ressources de maintenance nécessaire pour chaque opération de maintenance.
- **Les coûts de maintenance et d'indisponibilité.**

Données, définition et hypothèses

■ Prise en compte de l'efficacité de la maintenance :

- Maintenance corrective AGAN

- Maintenance préventive : efficacité en fonction du type de maintenance. Par exemple :
 - Remplacement : AGAN
 - Révision : efficacité 0,9 (remise à neuf à 90%)

"crigen



Méthodologie

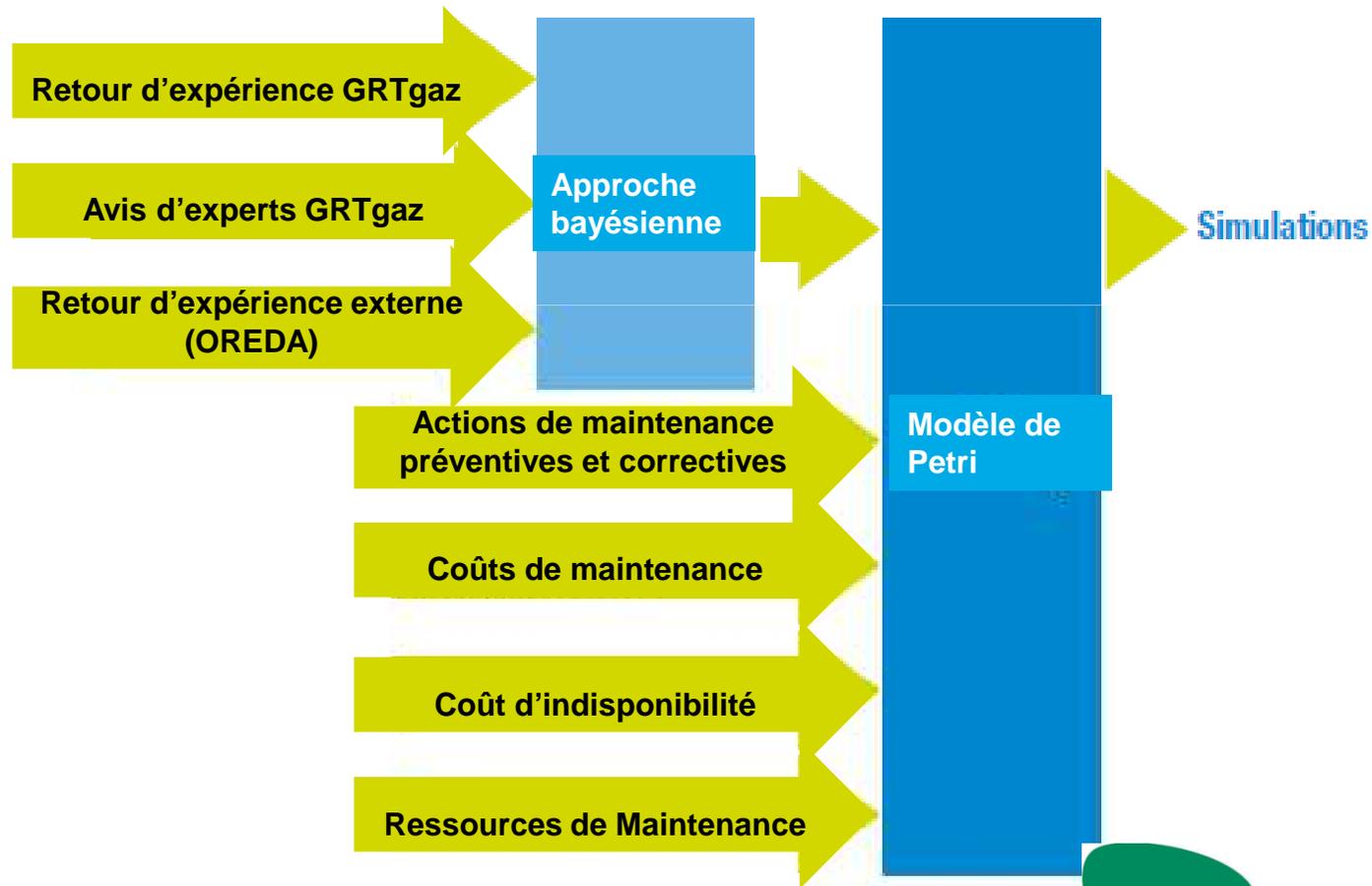
Réunion Groupe FIMA – jeudi 04 décembre 2014



GDF SUEZ

Méthodologie

- La modélisation a été réalisée en réseaux de Petri stochastiques à prédicats, en utilisant le module Petri de la suite GRIF.



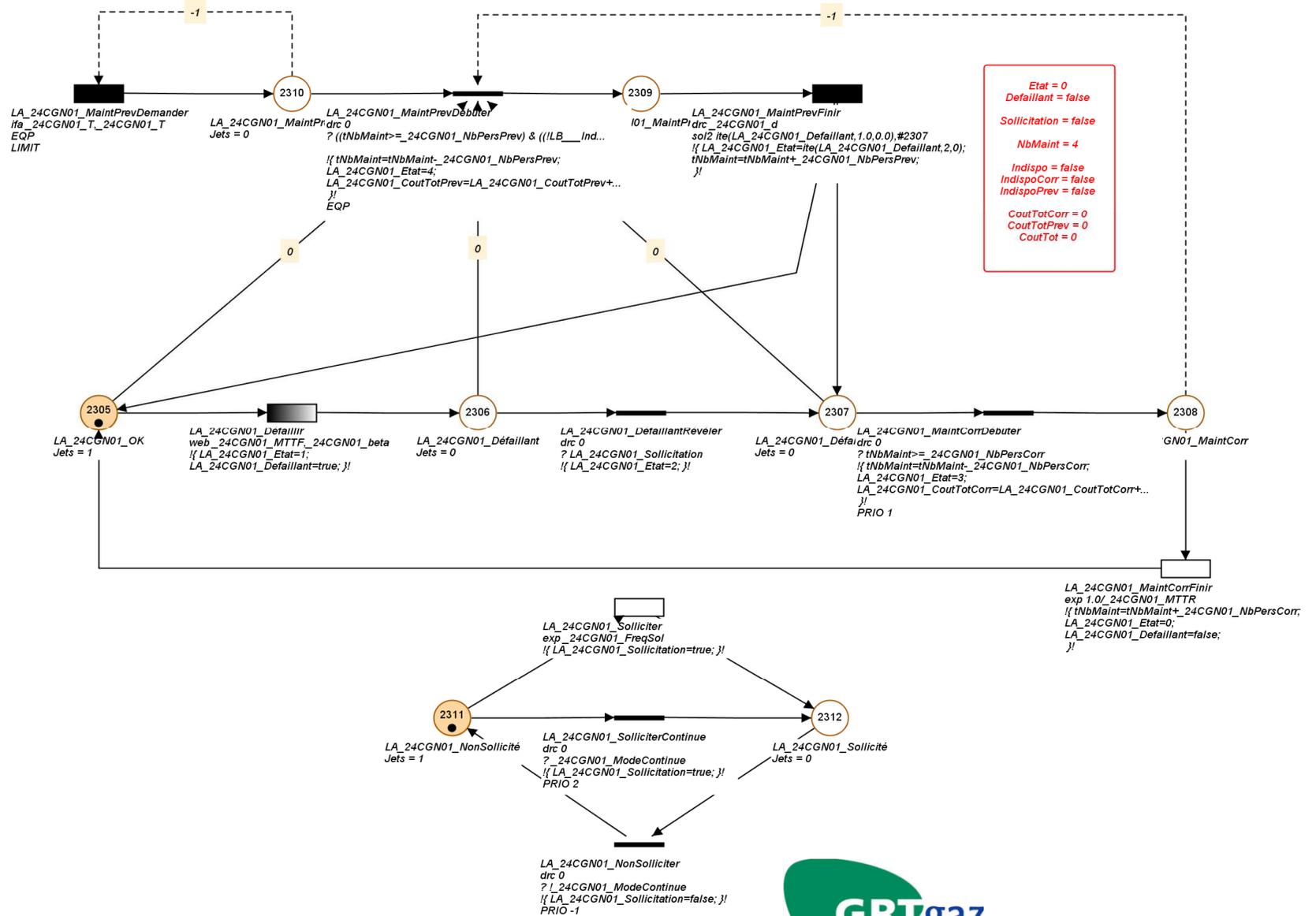
Réseaux de Petri

- Les réseaux de Petri fournissent **un outil graphique** pour modéliser les comportements (**dynamiques**) des systèmes, et ensuite permettre d'effectuer des analyses de disponibilité par **simulations de Monte Carlo** (i.e. les résultats sont obtenus statistiquement à l'issue de plusieurs histoires simulées).
- Un réseau de Petri (classique) est constitué de **places** (cercles) et de **transitions** (rectangles).
- Des **connections** (arcs orientés) peuvent relier une place à une transition (arc d'entrée) ou vice-versa (arc de sortie).
- Les places peuvent contenir des **jetons** (petits cercles pleins) qui sont "déplacés" par l'intermédiaire des transitions lorsque celles-ci sont franchies.

Réseaux de Petri stochastiques à prédicats

- La dimension temporelle est introduite par des délais de franchissement de transitions (pendant lequel les transitions doivent aussi rester franchissables).
- Dans les réseaux de Petri **stochastiques**, ces délais sont des variables aléatoires.
- les réseaux de Petri **à prédicats** utilisent des variables pour inclure deux autres propriétés :
 - des "**gardes**", variables ou expressions Booléennes qui rendent infranchissables les transitions tant qu'elles ne sont pas vérifiées
 - des "**affectations**", attributions qui modifient les valeurs de variables lors du franchissement des transitions.

Modèle d'une unité maintenable



Modèle d'une unité maintenable

- Une variable d'état de l'unité maintenable est définie avec les valeurs suivantes :
 - 0 lorsque l'unité maintenable est opérationnelle (état initial)
 - 1 lorsque l'unité maintenable est défaillante et que cette défaillance n'est pas détectée
 - 2 lorsque l'unité maintenable est défaillante et que cette défaillance est détectée
 - 3 lorsque l'unité maintenable est en cours de maintenance corrective
 - 4 lorsque l'unité maintenable est en cours de maintenance préventive

"crigen



Principaux résultats

Réunion Groupe FIMA – jeudi 04 décembre 2014



GDF SUEZ

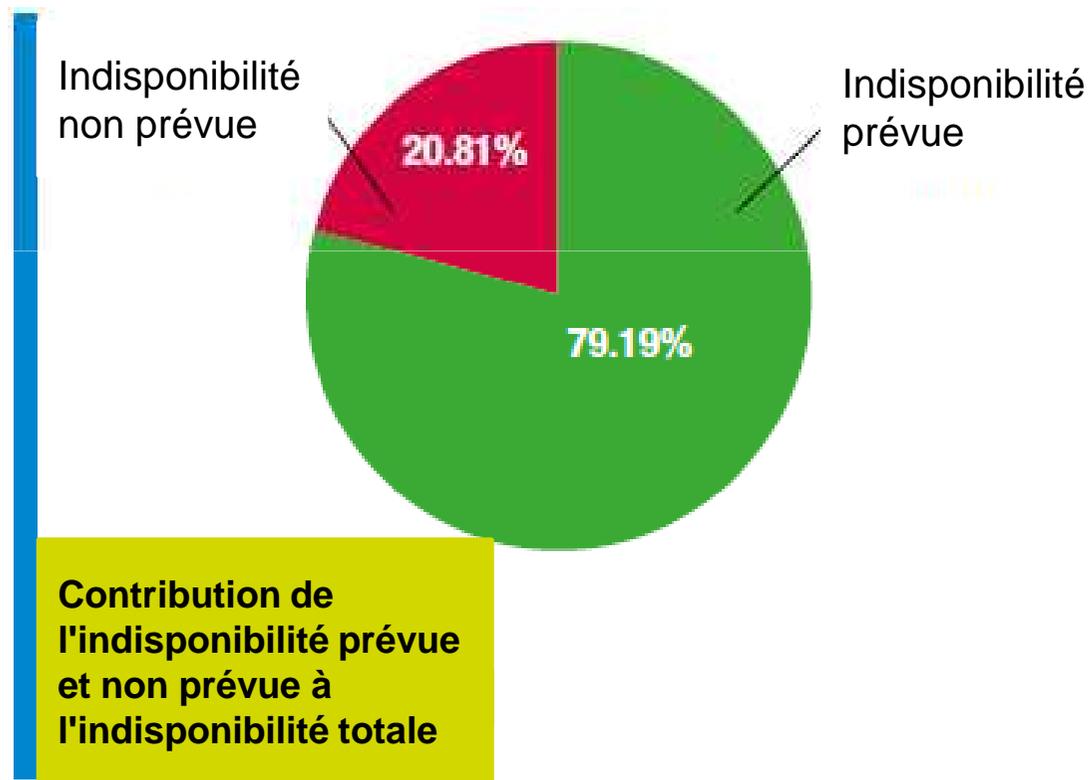
Principaux résultats

- Les résultats ont été obtenus à partir de 10 000 simulations, sur une période d'analyse de 30 ans. Nous pouvons citer comme types de résultats :
 - les fréquences annuelles de panne
 - les pourcentages d'indisponibilité (due aux pannes et aux actions de maintenance préventive)
 - les temps annuels d'indisponibilité (due aux pannes et aux actions de maintenance préventive)
 - les coûts annuels de maintenance (dus aux actions de maintenance corrective et préventive)
 - les coûts annuels d'indisponibilité (dus aux pannes et aux actions de maintenance préventive)



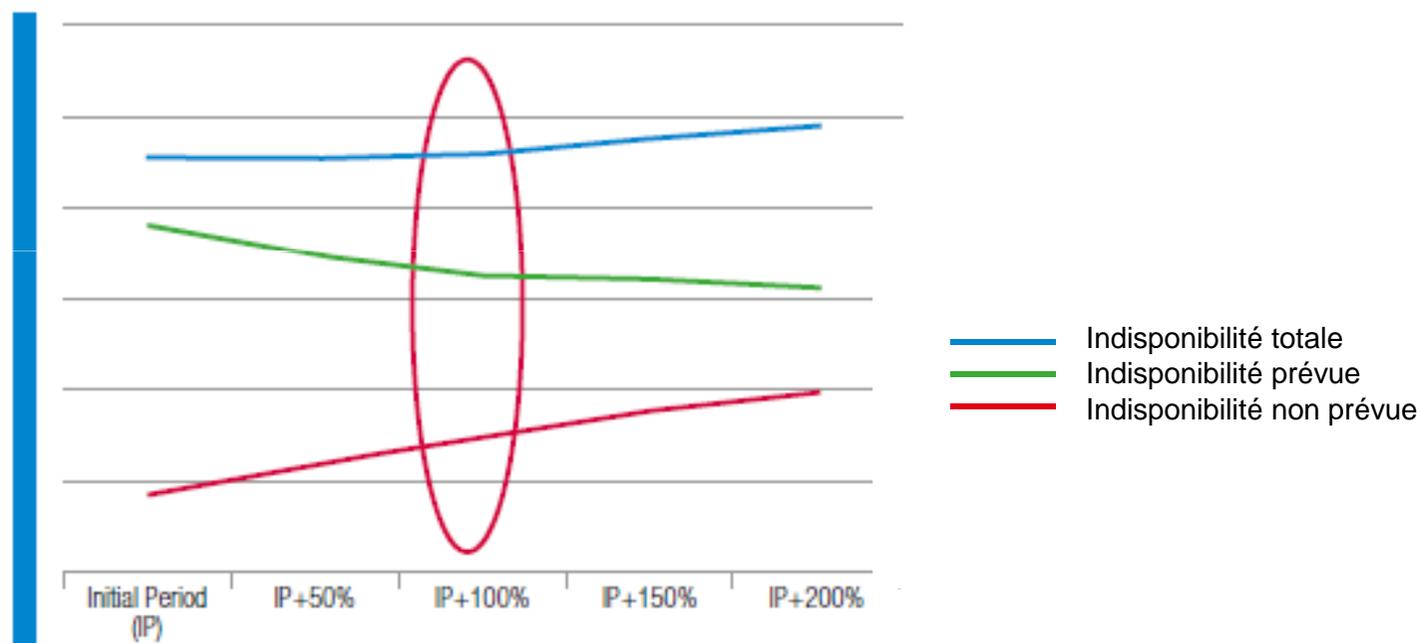
Principaux résultats

- La figure ci-dessous présente la contribution de l'indisponibilité prévue et non prévue à l'indisponibilité totale.



Principaux résultats

- La figure ci-dessous montre l'évolution de l'indisponibilité totale du système, l'indisponibilité prévue (due au préventif) et l'indisponibilité non prévue (due au correctif) en fonction de différentes périodicités de maintenance préventive.



- Une comparaison des résultats de la simulation pour la maintenance actuelle avec les coûts observés a permis de valider le modèle et les paramètres de coûts pris en compte.

"crigen



Conclusions et perspectives

Réunion Groupe FIMA – jeudi 04 décembre 2014



GDF SUEZ

Conclusions et perspectives

- Cette étude a permis de mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation des réseaux de Petri pour la modélisation d'une installation industrielle :
 - La modélisation est à la fois possible pour un système (la station), mais aussi pour des sous-systèmes (ou équipements), ce qui la rend souple et adaptable.
 - Cette modélisation déjà mise en œuvre pour une station, est en cours de déploiement sur l'ensemble des stations de GRTgaz. La possibilité de réutiliser les briques de base du modèle en les adaptant aux données et à l'architecture spécifique de chaque station le facilite et optimise les coûts et les délais d'étude.
- Les simulations basées sur ce modèle permettent de comparer plusieurs scénarios sur la base d'un ensemble d'indicateurs de performance et de coûts. Elles apportent une aide à la décision importante et fiable pour l'optimisation de la maintenance.
- Pour conclure, cette étude a déjà permis de faire évoluer l'approche de la maintenance et notamment des perspectives de gain intéressantes.

"crigen

**CRIGEN is the operational R & D and expertise center
of the GDF SUEZ group dedicated to the gas, new energies
and emerging technologies**

Research & Technologies Division
Research and Innovation Center in Gas and New Energies
361 avenue du Président Wilson
93210 Saint-Denis La Plaine
France
Tél : +33 (0)1 44 22 00 00



GDF SUEZ

Réunion Groupe FIMA – jeudi 04 décembre 2014