

# Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

## Présentation du sujet

Lionel Tailhardat

Orange Labs, TGI/DATA-IA/DTMA/MORE

1er mars 2021

Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec



# Synopsis

Lors de cette intervention, je propose de réfléchir aux architectures réseaux en incluant l'exploitant comme "client interne" des systèmes. Cette extension de point de vue amène à sortir de la vision "service" et à tendre vers une conception sécuritaire pilotée par les indicateurs d'efficacité opérationnelle.

L'importance de cultiver à la fois hard-skills et soft-skills prend ici corps, l'expérience pratique des systèmes et outils remettant régulièrement en question les modèles théoriques et les points de vues en silo de chaque métier pris de façon isolée. Le propos sera illustré par des études de cas associant architecture technique des réseaux, processus métier, ergonomie et systèmes d'aide à la décision.

Prérequis: *notions d'organisation des entreprises, architecture de réseaux télécoms, gestion du risque.*

Eléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

- 1 Dessine-moi un réseau: jeu introductif
- 2 Processus et qualité
  - Incident Management Process
  - La recette d'exploitabilité
  - Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...
- 3 Le risque et l'inimaginable
  - Modélisable ?
  - Dichotomies
  - *Run* et chaîne de traitement
  - Cas d'usage *by design* et *préventif*
- 4 Gérer en réactif
  - L'efficacité opérationnelle
  - Renforcer le "by operation"
  - Cas d'usage *en réactif*
- 5 Synthèse
- 6 Annexe
  - Le Groupe Orange et la R&D
  - Implémentation d'une matrice de transfert (*K4TMatrix*)
  - Acronymes et abbréviations
  - Bibliographie

# Partie 1

## Un réseau et des processus

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

## 1 Dessine-moi un réseau: jeu introductif

## 2 Processus et qualité

- Incident Management Process
- La recette d'exploitabilité
- Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

## 3 Le risque et l'inimaginable

- Modélisable ?
- Dichotomies
- *Run* et chaîne de traitement
- Cas d'usage *by design* et *préventif*

## 4 Gérer en réactif

- L'efficacité opérationnelle
- Renforcer le "by operation"
- Cas d'usage *en réactif*

## 5 Synthèse

## 6 Annexe

- Le Groupe Orange et la R&D
- Implémentation d'une matrice de transfert (*K4TMatrix*)
- Acronymes et abbréviations
- Bibliographie

# Alice et Bob

Alice et Bob veulent  
communiquer ensemble via une  
plateforme hébergée dans le  
réseau ...

↔ *Que mettriez-vous en place  
pour cela ?*



Alice

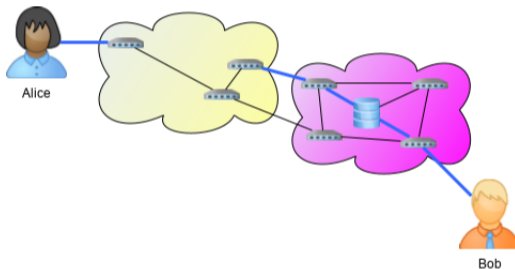


Bob

# Alice et Bob et des réseaux

Alice et Bob communiquent ensemble via une plateforme hébergée dans le réseau ...

↔ *Rien d'autre à mettre en place ?*

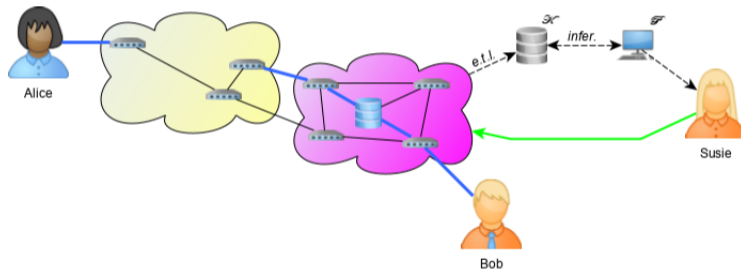


# Alice et Bob et des réseaux bien gérés

Alice et Bob communiquent ensemble via une plateforme hébergée dans le réseau magenta.

Les *éléments structurants* du réseau magenta sont *gérés* (en exploitation, en supervision).

↔ *Susie a-t-elle la visibilité sur les ressources du réseau jaune ?*



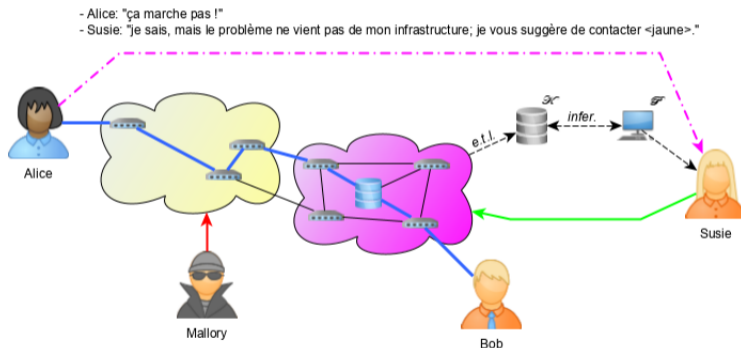


# Alice et Bob et des réseaux bien gérés et délimités

Alice et Bob communiquent ensemble via une plateforme hébergée dans le réseau magenta.

Les *éléments structurants* du réseau magenta sont *gérés* (en exploitation, en supervision). Susie voit les flux sur ses *plateformes et infrastructures* (réseau magenta). Susie n'intervient pas sur les ressources du réseau jaune.

↔ *Quelles conclusions pratiques tirez-vous de ces quelques situations ?*



# Alice et Bob et des exigences implicites (take-away)

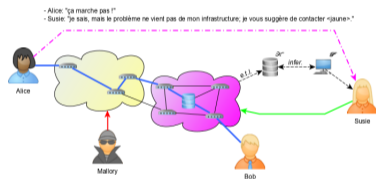
Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

## Quelques clés pour la suite ...

- Voir et gérer ses ressources.
- Connaître l'état aux bordures de son réseau.
- Un réseau de *production* est doublé par un réseau d'*administration*.



Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

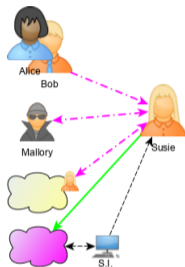
Synthèse

Annexe

References

- 1 Dessine-moi un réseau: jeu introductif
- 2 **Processus et qualité**
  - Incident Management Process
  - La recette d'exploitabilité
  - Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...
- 3 Le risque et l'inimaginable
  - Modélisable ?
  - Dichotomies
  - *Run* et chaîne de traitement
  - Cas d'usage *by design* et *préventif*
- 4 Gérer en réactif
  - L'efficacité opérationnelle
  - Renforcer le "by operation"
  - Cas d'usage *en réactif*
- 5 Synthèse
- 6 Annexe
  - Le Groupe Orange et la R&D
  - Implémentation d'une matrice de transfert (*K4TMatrix*)
  - Acronymes et abréviations
  - Bibliographie

# Operations Master Plan



↔ *Susie peut-elle gérer toutes ces interactions ?*

Non vu la complexité des systèmes (variété d'architectures et de compétences).

↔ Nécessite un *Operations Master Plan*.

## GNOC operating model

Un modèle *semi-hiérarchique*,

**GNOC** : Global Network Operation Centre,

**CCC** : Customer Care Centre,

**SMC** : Service Management Centre,

**TMC** : Technology Management Centre.

Eléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

**Incident Management Process**

La recette d'exploitabilité  
Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

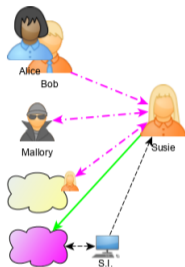
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Operations Master Plan



↔ *Susie peut-elle gérer toutes ces interactions ?*

Non vu la complexité des systèmes (variété d'architectures et de compétences).

↪ Nécessite un *Operations Master Plan*.

## GNOC operating model

Un modèle *semi-hiérarchique*,

GNOC : Global Network Operation Centre,

CCC : Customer Care Centre,

SMC : Service Management Centre,

TMC : Technology Management Centre.

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

**Incident Management Process**

La recette d'exploitabilité  
Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

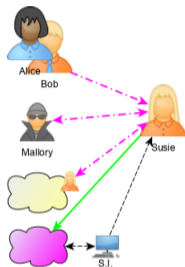
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Operations Master Plan



↔ *Susie peut-elle gérer toutes ces interactions ?*

Non vu la complexité des systèmes (variété d'architectures et de compétences).

↪ Nécessite un *Operations Master Plan*.

## GNOC operating model

Un modèle *semi-hiérarchique*,

**GNOC** : Global Network Operation Centre,

**CCC** : Customer Care Centre,

**SMC** : Service Management Centre,

**TMC** : Technology Management Centre.

# Invariants sur l'Incident Management Process (IMP)

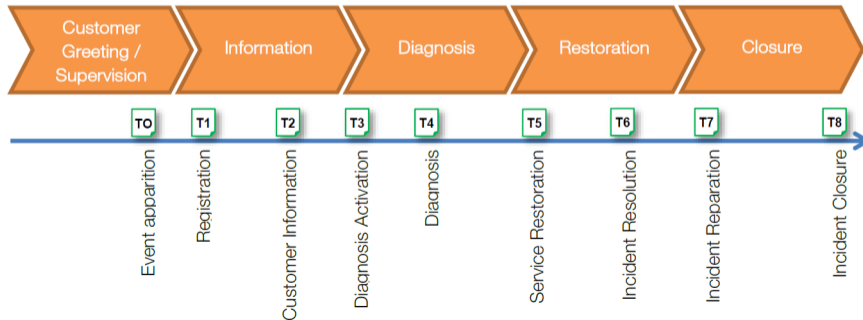
Diverses sources de signalisation d'incidents:

- Customer-generated event
- SMC monitoring-generated event
- TMC monitoring-generated event

Un même besoin pour *maintenant et plus tard* ...

- Détection et qualification,
- Diagnostic,
- Résolution,
- Bilan et capitalisation

... ainsi qu'*informer, informer, informer, informer!* ↔ Pourquoi ?



Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Invariants sur l'Incident Management Process (IMP)

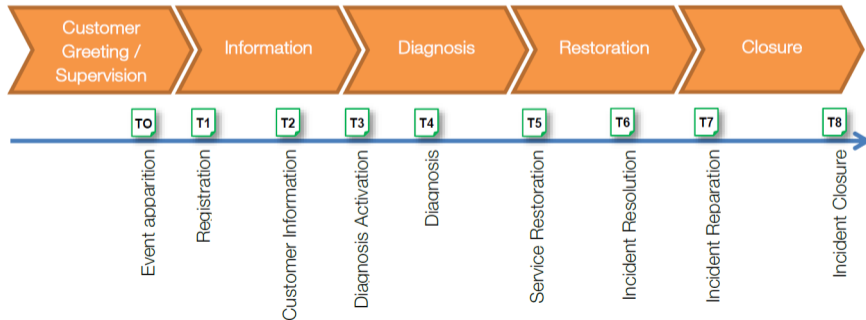
Diverses sources de signalisation d'incidents:

- Customer-generated event
- SMC monitoring-generated event
- TMC monitoring-generated event

Un même besoin pour *maintenant et plus tard* ...

- Détection et qualification,
- Diagnostic,
- Résolution,
- Bilan et capitalisation

... ainsi qu'*informer, informer, informer, informer* ! ↔ *Pourquoi* ?



Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

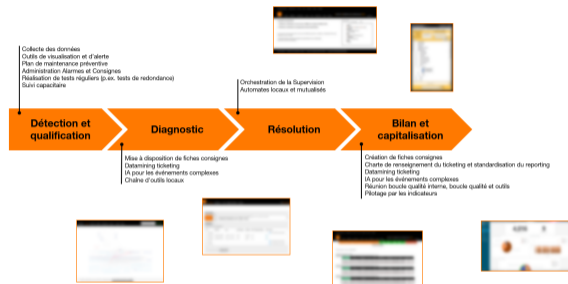
Synthèse

Annexe

References



# L'IMP au niveau des technical skill-centers



Une complexité gérée *globalement et localement*.

Attention:

- “No silver bullet” [BK87]
- “Automatisation et sécurité” [Éli09]
- “Le Système d’Information n’est pas le Système Informatique” [Dav99]

Quelques clés pour la suite ...

- L'humain au centre du processus et du design,
- Conceptions et analyses orientées efficacité opérationnelle.

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management  
Process

La recette d'exploitabilité  
Détection et qualifier,  
diagnostiquer, résoudre,  
capitaliser ...

Le risque et  
l'inimaginable

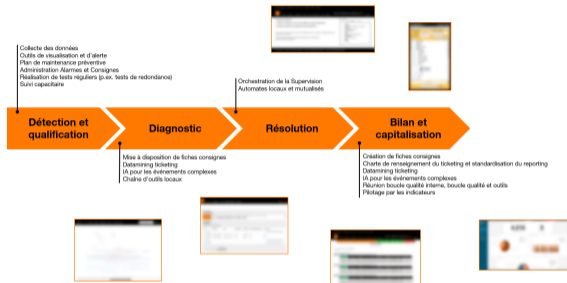
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# L'IMP au niveau des technical skill-centers



Une complexité gérée *globalement et localement*.

Attention:

- “No silver bullet” [BK87]
- “Automatisation et sécurité” [Éli09]
- “Le Système d'Information n'est pas le Système Informatique” [Dav99]

Quelques clés pour la suite ...

- *L'humain au centre du processus et du design,*
- *Conceptions et analyses orientées efficacité opérationnelle.*

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management  
Process

La recette d'exploitabilité  
Détecer et qualifier,  
diagnostiquer, résoudre,  
capitaliser ...

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une exigence: être en capacité d'exploiter (d'intervenir sur ...)

## Des exigences bien formées

- IEEE [IEE+98]: "être en capacité de ... dans les limites de ..."
- User story [Sca19]: "en tant que ... j'aimerais que ... afin de ..."

... pour exprimer les *fonctions souhaitées* et les *critères d'acceptation* (exigences directes ou secondaires).

## Exigences internes clés

Exploiter (intervenir sur) les ressources réseaux ...

- Personnel technique et de coordination (nombre et disponibilité),
- Compétences (acquises ou écrites),
- Outils de détection et alerte,
- Outils d'intervention (locale ou à distance).

Un cycle lié à la "Transition de Services"  
[Ste19]:

- 1 Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement (VABF),
- 2 Validation en Service Régulier (VSR),
- 3 Acceptation des produits en utilisation courante.

Attention:

- Phénomène de précedence [NBL11],
- Gestion Electronique des Documents (GED),
- Complexité  $\sim$  carré du nombre d'intervenants [Yvo02].

↔ Intérêt d'un cahier de recette ?

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management  
Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier,  
diagnostiquer, résoudre,  
capitaliser ...

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une exigence: être en capacité d'exploiter (d'intervenir sur ...)

## Des exigences bien formées

- IEEE [IEE+98]: "être en capacité de ... dans les limites de ..."
- User story [Sca19]: "en tant que ... j'aimerais que ... afin de ..."

... pour exprimer les *fonctions souhaitées* et les *critères d'acceptation* (exigences directes ou secondaires).

## Exigences internes clés

Exploiter (intervenir sur) les ressources réseaux ...

- Personnel technique et de coordination (nombre et disponibilité),
- Compétences (acquises ou écrites),
- Outils de détection et alerte,
- Outils d'intervention (locale ou à distance).

Un cycle lié à la "Transition de Services"  
[Ste19]:

- 1 Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement (VABF),
- 2 Validation en Service Régulier (VSR),
- 3 Acceptation des produits en utilisation courante.

Attention:

- Phénomène de précédence [NBL11],
- Gestion Electronique des Documents (GED),
- Complexité  $\sim$  carré du nombre d'intervenants [Yvo02].

↔ Intérêt d'un cahier de recette ?

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management  
Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier,  
diagnostiquer, résoudre,  
capitaliser ...

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une exigence: être en capacité d'exploiter (d'intervenir sur ...)

## Des exigences bien formées

- IEEE [IEE+98]: "être en capacité de ... dans les limites de ..."
- User story [Sca19]: "en tant que ... j'aimerais que ... afin de ..."

... pour exprimer les *fonctions souhaitées* et les *critères d'acceptation* (exigences directes ou secondaires).

## Exigences internes clés

Exploiter (intervenir sur) les ressources réseaux ...

- Personnel technique et de coordination (nombre et disponibilité),
- Compétences (acquises ou écrites),
- Outils de détection et alerte,
- Outils d'intervention (locale ou à distance).

## Un cycle lié à la "Transition de Services" [Ste19]:

- 1 Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement (VABF),
- 2 Validation en Service Régulier (VSR),
- 3 Acceptation des produits en utilisation courante.

## Attention:

- Phénomène de précedence [NBL11],
- Gestion Electronique des Documents (GED),
- Complexité  $\sim$  carré du nombre d'intervenants [Yvo02].

↔ Intérêt d'un cahier de recette ?

# Une exigence: être en capacité d'exploiter (d'intervenir sur ...)

## Des exigences bien formées

- IEEE [IEE+98]: "être en capacité de ... dans les limites de ..."
- User story [Sca19]: "en tant que ... j'aimerais que ... afin de ..."

... pour exprimer les *fonctions souhaitées* et les *critères d'acceptation* (exigences directes ou secondaires).

## Exigences internes clés

Exploiter (intervenir sur) les ressources réseaux ...

- Personnel technique et de coordination (nombre et disponibilité),
- Compétences (acquises ou écrites),
- Outils de détection et alerte,
- Outils d'intervention (locale ou à distance).

Un cycle lié à la "Transition de Services"  
[Ste19]:

- 1 Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement (VABF),
- 2 Validation en Service Régulier (VSR),
- 3 Acceptation des produits en utilisation courante.

Attention:

- Phénomène de précedence [NBL11],
- Gestion Electronique des Documents (GED),
- Complexité  $\sim$  carré du nombre d'intervenants [Yvo02].

↪ *Intérêt d'un cahier de recette ?*

# PV de recette d'exploitabilité

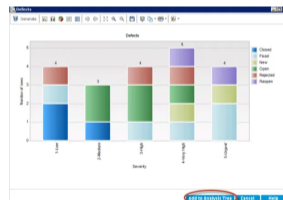
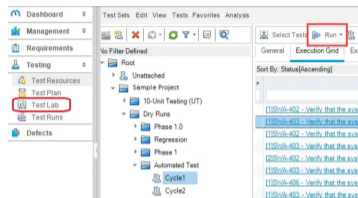
## Cahier de recette

- Cas de test détaillés manuels/semi-automatisés/automatisés,
- *Homogénéité* des campagnes de test,
- *Reproductibilité* d'une campagne de test,
- *Traçabilité* (preuve) pour l'acceptation.

Remarque: fait écho au *test-driven development* [Wik20].

Exemples de cas de test:

- Référencement correct des ressources dans le SI et les outils,
- Accès console in-band et out-of-band,
- Authentification par compte AD et compte local,
- Sauvegarde de configuration périodique,
- Supervision du trafic sur les interfaces,
- Remontée d'alarme et affectation à la bonne équipe,
- Redondance effective.



HP (microfocus) ALM, source: [Yan17]

↔ Prêts à passer en phase de Run ?

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# PV de recette d'exploitabilité

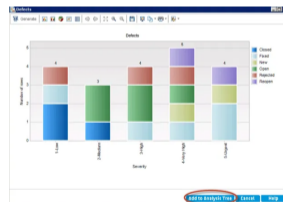
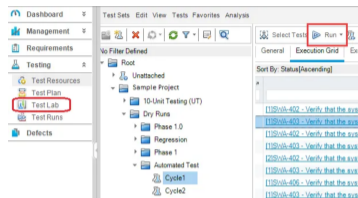
## Cahier de recette

- Cas de test détaillés manuels/semi-automatisés/automatisés,
- *Homogénéité* des campagnes de test,
- *Reproductibilité* d'une campagne de test,
- *Traçabilité* (preuve) pour l'acceptation.

Remarque: fait écho au *test-driven development* [Wik20].

Exemples de cas de test:

- Référencement correct des ressources dans le SI et les outils,
- Accès console in-band et out-of-band,
- Authentification par compte AD et compte local,
- Sauvegarde de configuration périodique,
- Supervision du trafic sur les interfaces,
- Remontée d'alarme et affectation à la bonne équipe,
- Redondance effective.



HP (microfocus) ALM, source: [Yan17]

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

↔ Prêts à passer en phase de Run ?



# PV de recette d'exploitabilité

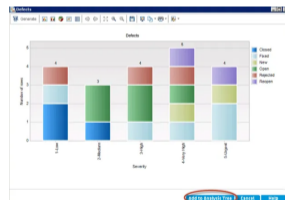
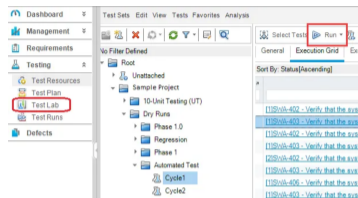
## Cahier de recette

- Cas de test détaillés manuels/semi-automatisés/automatisés,
- *Homogénéité* des campagnes de test,
- *Reproductibilité* d'une campagne de test,
- *Traçabilité* (preuve) pour l'acceptation.

Remarque: fait écho au *test-driven development* [Wik20].

Exemples de cas de test:

- Référencement correct des ressources dans le SI et les outils,
- Accès console in-band et out-of-band,
- Authentification par compte AD et compte local,
- Sauvegarde de configuration périodique,
- Supervision du trafic sur les interfaces,
- Remontée d'alarme et affectation à la bonne équipe,
- Redondance effective.



HP (microfocus) ALM, source: [Yan17]

↳ Prêts à passer en phase de Run ?

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

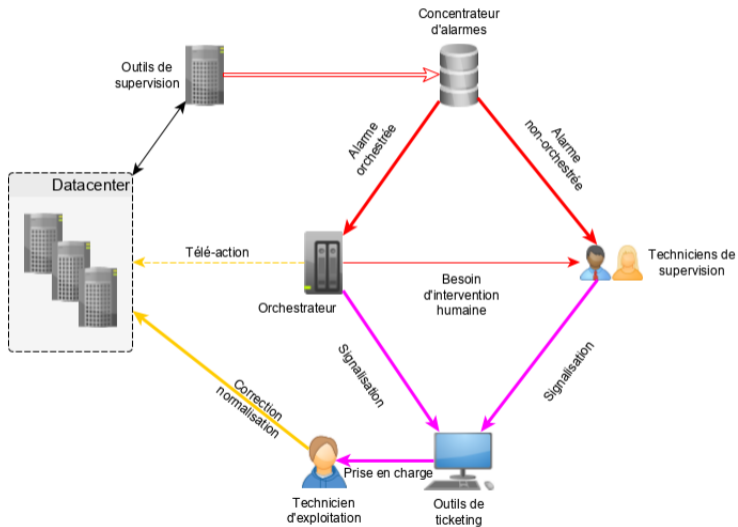
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une alarme technique (acteurs et éléments fonctionnels)



Éléments d'exploitation de réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

Le risque et l'inimaginable

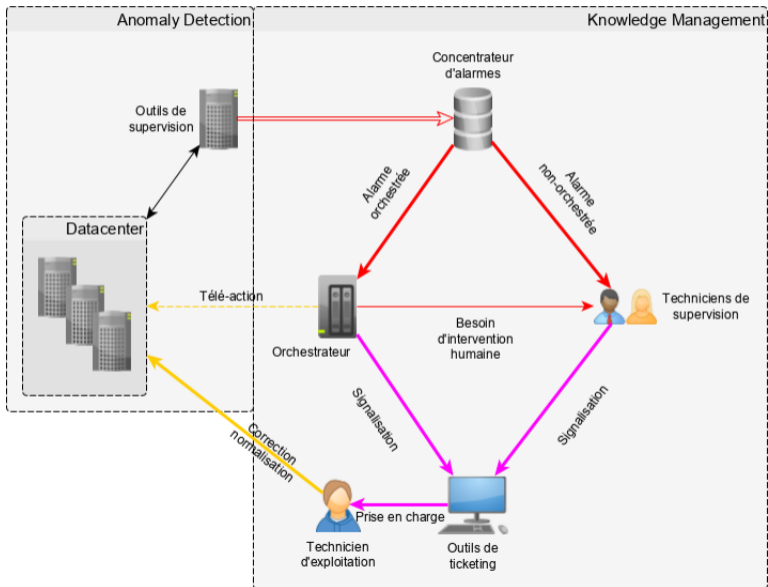
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une alarme technique (domaines conceptuels)



Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management  
Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier,  
diagnostiquer, résoudre,  
capitaliser ...

Le risque et  
l'inimaginable

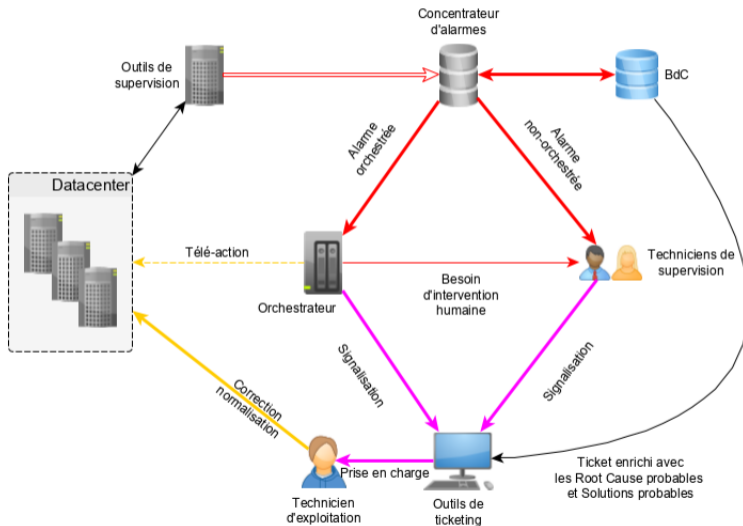
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une alarme technique (capitaliser, suggérer)



Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management  
Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier,  
diagnostiquer, résoudre,  
capitaliser ...

Le risque et  
l'inimaginable

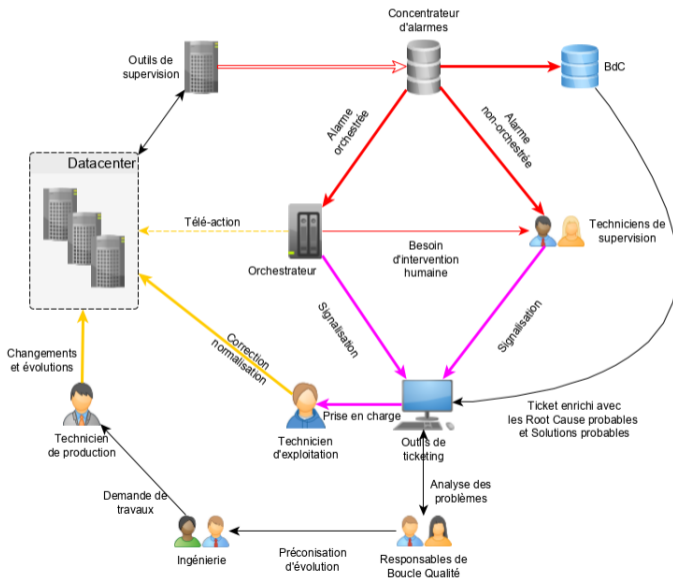
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une alarme technique (analyser, améliorer)



Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Incident Management  
Process

La recette d'exploitabilité

Détecter et qualifier,  
diagnostiquer, résoudre,  
capitaliser ...

Le risque et  
l'inimaginable

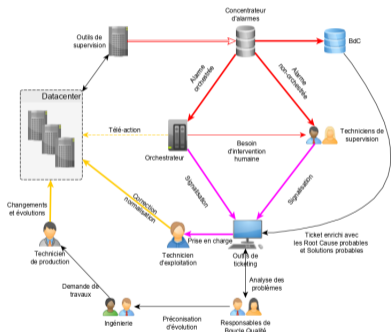
Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Une alarme technique (réflexions)



↔ Voyez-vous une(des) difficulté(s) à la mise en place cette Base de Connaissance avec recommandation de causes et solutions probables ?

↔ Voyez-vous une(des) difficulté(s) à faire évoluer les systèmes supervisés ?

↔ ... et augmenter le nombre de ressources (infrastructures, systèmes, applications) supervisés ?

↔ ... et sur l'interconnexion du système de supervision avec des systèmes externes (p.ex. autres opérateurs, fournisseurs, etc.) ?

↔ ... et sur la simplicité de changer le système de supervision ?

# Partie 2

## (vers la) Qualité à la conception

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

*Run* et chaîne de  
traitement

Cas d'usage *by design* et  
*préventif*

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

- 1 Dessine-moi un réseau: jeu introductif
- 2 Processus et qualité
  - Incident Management Process
  - La recette d'exploitabilité
  - Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...
- 3 Le risque et l'inimaginable
  - Modélisable ?
  - Dichotomies
  - *Run* et chaîne de traitement
  - Cas d'usage *by design* et *préventif*
- 4 Gérer en réactif
  - L'efficacité opérationnelle
  - Renforcer le "by operation"
  - Cas d'usage *en réactif*
- 5 Synthèse
- 6 Annexe
  - Le Groupe Orange et la R&D
  - Implémentation d'une matrice de transfert (*K4TMatrix*)
  - Acronymes et abbréviations
  - Bibliographie



# Anecdotes d'incidents

- 1** Coupure erronée d'un câble de départ d'antenne + pince pour réparer qui tombe dans le faux planche: *interruption de service avec retard au rétablissement.*
- 2** Ordre de travail pour le décommissionnement d'une baie technique + erreur sur la localisation de l'intervention: *coupure de service d'une Tête De Réseau + reconstruction en urgence.*
- 3** Application dans équipe d'exploitation + absence de purge périodique des logs: *saturation de l'espace disque après 6 ans entraînant un arrêt des traitements.*
- 4** Intervention de nettoyage sur un routeur + commande de suppression mal documentée: *arrêt de la commutation + commande de roll-back.*
- 5** Alimentation électrique sur bloc de secours + absence de supervision des PSU + intervention sur les installations au même moment: *arrêt de service avec imputation erronée sur les intervenants.*
- 6** Court-circuit dans le système de dégivrage d'antennes paraboliques + période de gel intense: *atténuation des transmissions + déneigement périodique à la brosse.*
- 7** Tronçons WDM colocalisés + travaux de génie civil (coup de pelleuse): *interruption de service avec retard au rétablissement.*
- 8** Travaux de ravalements d'un bâtiment sur un site de transmission + vandalisme (adolescents s'amusant à se balancer sur des antennes paraboliques): *dégradation des transmissions + travaux de mécanique.*
- 9** Travaux d'entretien des arrivées d'énergie sur un site de transmission + chat sauvage s'aventurant dans le tableau primaire de distribution: *coupure du site de transmission + activation des groupes électrogènes.*
- 10** Travaux de prototypage + conflits inter-équipes: *vol de serveur + arrêt du projet.*
- 11** Période de canicule + défaut sur les groupes d'alimentation en eau froide: *arrêt des systèmes de climatisation en salles techniques + dégradation des transmissions (bruit thermique) + ventilation manuelle.*
- 12** Travaux d'extension de salle technique + arrêt forcé des systèmes contrôles d'accès: *vol de cartes de cryptage sur les systèmes de transmission.*

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies  
Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

## Éléments remarquables

- Problème de conformité référentiel / terrain,
- Problème de délégation de responsabilité et de confiance,
- Conjonction d'un élément déclencheur + élément favorisant,
- Solutions de secours (repli) existantes mais sortant de l'ordinaire.

- ↳ *Tout redonder ?*
- ↳ *La faute au "facteur humain" ?*
- ↳ *Renforcer ou accepter (gérer) le risque ?*

↔ (tenter de maîtriser) modéliser de façon,

**Symbolique** : description *complète* du système et de sa dynamique  
(p.ex. logique du 2nd ordre),

**Probabiliste** : description *approchée* du système et de sa dynamique  
(p.ex. logique floue).

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

**Modélisable ?**

Dichotomies

*Run* et chaîne de  
traitement

Cas d'usage *by design* et  
*préventif*

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

## Éléments remarquables

- Problème de conformité référentiel / terrain,
- Problème de délégation de responsabilité et de confiance,
- Conjonction d'un élément déclencheur + élément favorisant,
- Solutions de secours (repli) existantes mais sortant de l'ordinaire.

- ↳ *Tout redonder ?*
- ↳ *La faute au "facteur humain" ?*
- ↳ *Renforcer ou accepter (gérer) le risque ?*

↔ (tenter de maîtriser) modéliser de façon,

**Symbolique** : description *complète* du système et de sa dynamique  
(p.ex. logique du 2nd ordre),

**Probabiliste** : description *approchée* du système et de sa dynamique  
(p.ex. logique floue).

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

## Éléments remarquables

- Problème de conformité référentiel / terrain,
- Problème de délégation de responsabilité et de confiance,
- Conjonction d'un élément déclencheur + élément favorisant,
- Solutions de secours (repli) existantes mais sortant de l'ordinaire.

- ↳ *Tout redonder ?*
- ↳ *La faute au "facteur humain" ?*
- ↳ *Renforcer ou accepter (gérer) le risque ?*

↪ (tenter de maîtriser) modéliser de façon,

**Symbolique** : description *complète* du système et de sa dynamique  
(p.ex. logique du 2nd ordre),

**Probabiliste** : description *approchée* du système et de sa dynamique  
(p.ex. logique floue).

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Entre le modèle nécessaire et le modèle acquis

## Forces et faiblesses des axes de modélisation,

**Symbolique** : description *complète* du système et de sa dynamique  
↪ déterminisme (+), explicabilité (+), passage à l'échelle (-).

**Probabiliste (connexioniste)** : description *approchée* du système et de sa dynamique  
↪ rapidité (+), généralisation (+), généralisation (-).

## Approche "cartésienne"

- Dichotomie "*security by design VS by operation*"
  - security by design  $\simeq$  "penser à tout et redonder au maximum",
  - security by operation  $\simeq$  "une organisation et des outils pour réagir efficacement".
- Dichotomie "*fabricant VS opérateur*"
  - fabricant  $\simeq$  "faire un produit performant qui répond à un maximum de cas d'usages",
  - opérateur  $\simeq$  "intégrer des produits tiers dans un système complexe pour satisfaire des clients finaux".

**Remarque** : la *causalité* est au coeur du sujet ↪ condition INUS [Bre17] (notion de "nécessaire et suffisant").

**Proposition** : décrire (automatiquement), apprendre (automatiquement), réagir (de façon sécuritaire [Éli09])  
↪ "vive la recherche !"

**Quelques pistes** : process mining [Sch+17], auto-découverte des modes de défaillance [Sih+19], synergies symbolique-connexioniste [Lam+20], apprentissage interactif [Bae+20], causal diagrams et do-calculus [JE14].

# Entre le modèle nécessaire et le modèle acquis

## Forces et faiblesses des axes de modélisation,

**Symbolique** : description *complète* du système et de sa dynamique  
↪ déterminisme (+), explicabilité (+), passage à l'échelle (-).

**Probabiliste (connexioniste)** : description *approchée* du système et de sa dynamique  
↪ rapidité (+), généralisation (+), généralisation (-).

## Approche "cartésienne"

### ■ Dichotomie "*security by design VS by operation*"

- security by design  $\simeq$  "penser à tout et redonder au maximum",
- security by operation  $\simeq$  "une organisation et des outils pour réagir efficacement".

### ■ Dichotomie "*fabricant VS opérateur*"

- fabricant  $\simeq$  "faire un produit performant qui répond à un maximum de cas d'usages",
- opérateur  $\simeq$  "intégrer des produits tiers dans un système complexe pour satisfaire des clients finaux".

**Remarque** : la *causalité* est au coeur du sujet ↪ condition INUS [Bre17] (notion de "nécessaire et suffisant").

**Proposition** : décrire (automatiquement), apprendre (automatiquement), réagir (de façon sécuritaire [Éli09])  
↪ "vive la recherche !"

**Quelques pistes** : process mining [Sch+17], auto-découverte des modes de défaillance [Sih+19], synergies symbolique-connexioniste [Lam+20], apprentissage interactif [Bae+20], causal diagrams et do-calculus [JE14].

# Entre le modèle nécessaire et le modèle acquis

## Forces et faiblesses des axes de modélisation,

**Symbolique** : description *complète* du système et de sa dynamique  
↪ déterminisme (+), explicabilité (+), passage à l'échelle (-).

**Probabiliste (connexioniste)** : description *approchée* du système et de sa dynamique  
↪ rapidité (+), généralisation (+), généralisation (-).

## Approche "cartésienne"

### ■ Dichotomie "security by design VS by operation"

- security by design  $\simeq$  "penser à tout et redonder au maximum",
- security by operation  $\simeq$  "une organisation et des outils pour réagir efficacement".

### ■ Dichotomie "fabricant VS opérateur"

- fabricant  $\simeq$  "faire un produit performant qui répond à un maximum de cas d'usages",
- opérateur  $\simeq$  "intégrer des produits tiers dans un système complexe pour satisfaire des clients finaux".

**Remarque** : la *causalité* est au coeur du sujet ↪ condition INUS [Bre17] (notion de "nécessaire et suffisant").

**Proposition** : décrire (automatiquement), apprendre (automatiquement), réagir (de façon sécuritaire [Éli09])  
↪ "vive la recherche !"

**Quelques pistes** : process mining [Sch+17], auto-découverte des modes de défaillance [Sih+19], synergies symbolique-connexioniste [Lam+20], apprentissage interactif [Bae+20], causal diagrams et do-calculus [JE14].

# Entre le modèle nécessaire et le modèle acquis

## Forces et faiblesses des axes de modélisation,

**Symbolique** : description *complète* du système et de sa dynamique  
↪ déterminisme (+), explicabilité (+), passage à l'échelle (-).

**Probabiliste (connexioniste)** : description *approchée* du système et de sa dynamique  
↪ rapidité (+), généralisation (+), généralisation (-).

## Approche "cartésienne"

### ■ Dichotomie "*security by design VS by operation*"

- security by design  $\simeq$  "penser à tout et redonder au maximum",
- security by operation  $\simeq$  "une organisation et des outils pour réagir efficacement".

### ■ Dichotomie "*fabricant VS opérateur*"

- fabricant  $\simeq$  "faire un produit performant qui répond à un maximum de cas d'usages",
- opérateur  $\simeq$  "intégrer des produits tiers dans un système complexe pour satisfaire des clients finaux".

**Remarque** : la *causalité* est au coeur du sujet ↪ condition INUS [Bre17] (notion de "nécessaire et suffisant").

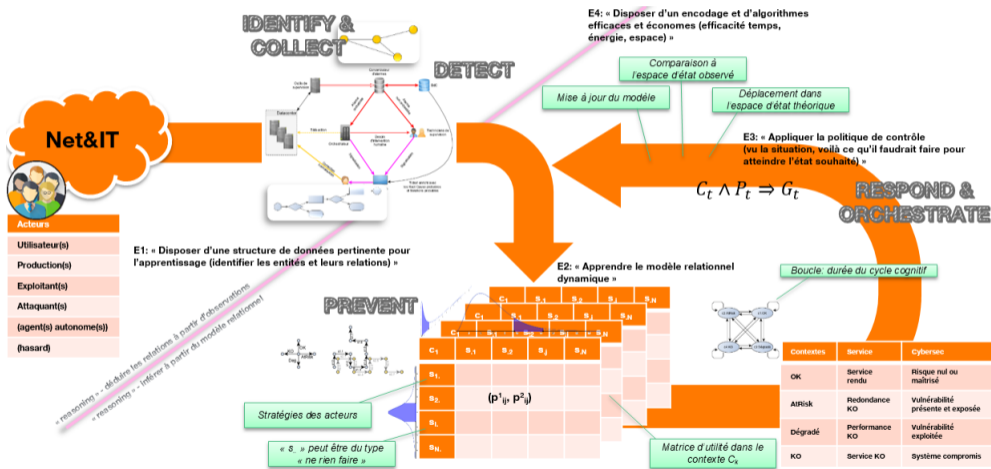
**Proposition** : décrire (automatiquement), apprendre (automatiquement), réagir (de façon sécuritaire [Éli09])  
↪ "vive la recherche !"

**Quelques pistes** : process mining [Sch+17], auto-découverte des modes de défaillance [Sih+19], synergies symbolique-connexioniste [Lam+20], apprentissage interactif [Bae+20], causal diagrams et do-calculus [JE14].



# Revoir le "Run" tel un système de décision évolutif

... en attendant cet idéal, faire un petit pas en analysant une chaîne de traitement décisionnelle.



Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de traitement

Cas d'usage by design et préventif

Gérer en réactif

Synthèse

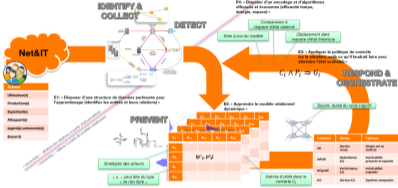
Annexe

References

# Tendre vers le “by design” et vers une intégration fabricant-opérateur sans delta

Une vue d'ensemble qui permet de,

- cadrer l'apprentissage comportemental à posteriori (cf. 3<sup>ème</sup> partie, p. 42),
- réfléchir à l'exploitation zero touch (p.ex. AGI [BCN14], sûreté de fonctionnement et renforcement learning [PHO19]),
- étudier la causalité dans le “Run”  $\rightsquigarrow$  renforce le “security by operation”,
- capitaliser sur le fonctionnement du système  $\rightsquigarrow$  renforce le “security by design”.



↔ travailler vers l'amont ?

## Exemples (pages suivantes)

- 1 Estimer les modes de défaillance prépondérant (MID & KB3)
- 2 Maintenance préventive et Tests de redondance (MID & automatisasion)
- 3 Estimer la fiabilité de la connectivité (graphes et proba.)
- 4 Estimer les chemins d'attaque et positionner les contremesures (RAG)

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de traitement

Cas d'usage by design et préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

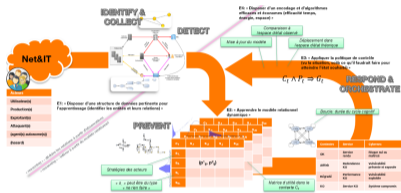
References

# Tendre vers le “by design” et vers une intégration fabricant-opérateur sans delta

Une vue d'ensemble qui permet de,

- cadrer l'apprentissage comportemental à posteriori (cf. 3<sup>ème</sup> partie, p. 42),
- réfléchir à l'exploitation zero touch (p.ex. AGI [BCN14], sûreté de fonctionnement et renforcement learning [PHO19]),
- étudier la causalité dans le “Run”  
↔ renforce le “security by operation”,
- capitaliser sur le fonctionnement du système  
↔ renforce le “security by design”.

↔ travailler vers l'amont ?



## Exemples (pages suivantes)

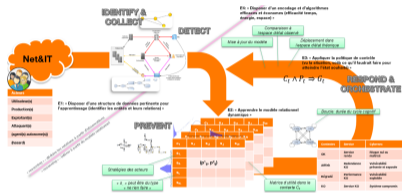
- 1 Estimer les modes de défaillance prépondérant (MID & KB3)
- 2 Maintenance préventive et Tests de redondance (MID & automatisation)
- 3 Estimer la fiabilité de la connectivité (graphes et proba.)
- 4 Estimer les chemins d'attaque et positionner les contremesures (RAG)

# Tendre vers le “by design” et vers une intégration fabricant-opérateur sans delta

Une vue d'ensemble qui permet de,

- cadrer l'apprentissage comportemental à posteriori (cf. 3<sup>ème</sup> partie, p. 42),
- réfléchir à l'exploitation zero touch (p.ex. AGI [BCN14], sûreté de fonctionnement et renforcement learning [PHO19]),
- étudier la causalité dans le “Run”  
↔ renforce le “security by operation”,
- capitaliser sur le fonctionnement du système  
↔ renforce le “security by design”.

↔ travailler vers l'amont ?



## Exemples (pages suivantes)

- 1 Estimer les modes de défaillance prépondérant (MID & KB3)
- 2 Maintenance préventive et Tests de redondance (MID & automatisation)
- 3 Estimer la fiabilité de la connectivité (graphes et proba.)
- 4 Estimer les chemins d'attaque et positionner les contremesures (RAG)

# Partie 2 - Cas d'usage

## Estimer les modes de défaillance prépondérant (MID & KB3)

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

*Run* et chaîne de  
traitement

**Cas d'usage by design et  
préventif**

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

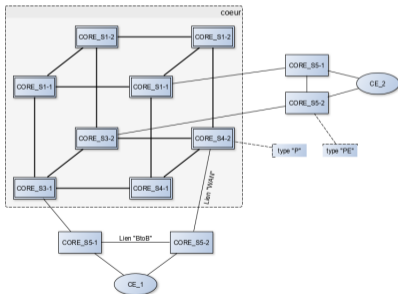
# Estimer les modes de défaillance prépondérants

## MID (MAN Inter-Datacenters)

- Réseau coeur IP-MPLS cubique,
- Routeurs PE redondés,
- Liaisons PE/P réparties sur 2 sites et 2 parités.

↪ robuste aux doubles pannes.

(caractère 2-connexe et 2-arrêtè connexe du graphe de l'interconnexion feuille/coeur)



↪ identifier (anticiper sur) les faiblesses ?

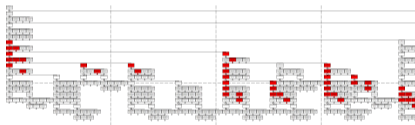
↪ estimer leur probabilité d'occurrence ?

↪ calcul d'arbre de défaillance

("CE\_2 relié à une source": 5 modes de défaillance de première complexité, essentiellement au niveau des sites feuille)

↪ calcul de probabilité des séquences de défaillance

(p.ex. simulateur KB3 [Boo08; EM17]).



Attention:

- Explosion combinatoire  
(caractère cyclique et fortement connexe du graphe),
- A compléter par des estimations sur le trafic  
(p.ex. simulateur NS-3 [NSM]).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

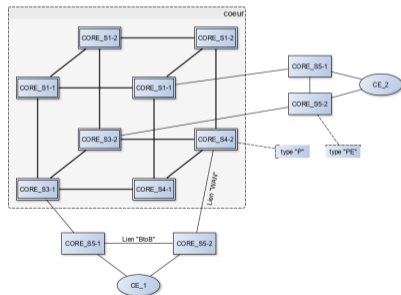
# Estimer les modes de défaillance prépondérants

## MID (MAN Inter-Datacenters)

- Réseau coeur IP-MPLS cubique,
- Routeurs PE redondés,
- Liaisons PE/P réparties sur 2 sites et 2 parités.

↪ robuste aux doubles pannes.

(caractère 2-connexe et 2-arrête connexe du graphe de l'interconnexion feuille/coeur)



↪ identifier (anticiper sur) les faiblesses ?

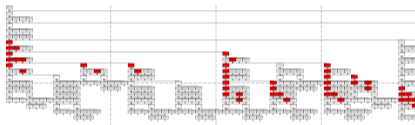
↪ estimer leur probabilité d'occurrence ?

↪ calcul d'arbre de défaillance

("CE\_2 relié à une source": 5 modes de défaillance de première complexité, essentiellement au niveau des sites feuille)

↪ calcul de probabilité des séquences de défaillance

(p.ex. simulateur KB3 [Book], EMI[T]).



Attention:

- Explosion combinatoire

(caractère cyclique et fortement connexe du graphe),

- A compléter par des estimations sur le trafic

(p.ex. simulateur NS-3 [NSM]).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

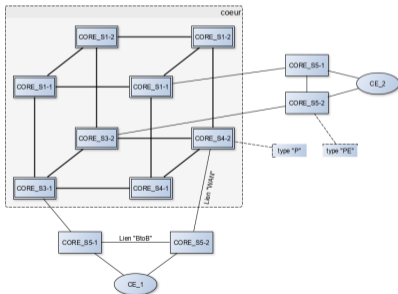
# Estimer les modes de défaillance prépondérants

## MID (MAN Inter-Datcenters)

- Réseau coeur IP-MPLS cubique,
- Routeurs PE redondés,
- Liaisons PE/P réparties sur 2 sites et 2 parités.

↪ robuste aux doubles pannes.

(caractère 2-connexe et 2-arrêtée connexe du graphe de l'interconnexion feuille/coeur)



↪ identifier (anticiper sur) les faiblesses ?

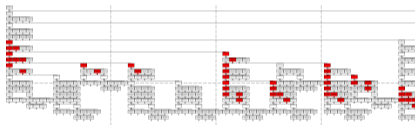
↪ estimer leur probabilité d'occurrence ?

↪ calcul d'arbre de défaillance

("CE\_2 relié à une source" : 5 modes de défaillance de première complexité, essentiellement au niveau des sites feuille)

↪ calcul de probabilité des séquences de défaillance

(p.ex. simulateur KB3 [Bou08; EM17]).



Attention:

- Explosion combinatoire  
(caractère cyclique et fortement connexe du graphe),
- A compléter par des estimations sur le trafic  
(p.ex. simulateur NS-3 [NSN]).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References



# Partie 2 - Cas d'usage

## Maintenance préventive et Tests de redondance (MID & automatisation)

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

*Run* et chaîne de  
traitement

**Cas d'usage by design et  
préventif**

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Maintenance préventive et Tests de redondance

## MID (MAN Inter-Datacenters)

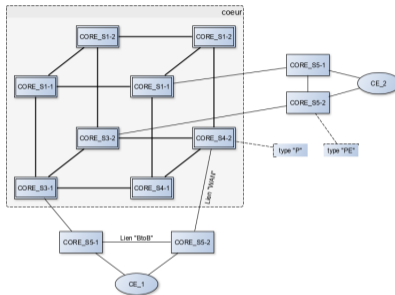
- Automatiser les tests de redondance,
  - Tester pour des raisons de QS,
  - Automatiser pour réduire le risque.
- Opérations essentielles,
  - Isoler un routeur PE,
  - Valider la reprise de trafic sur la parité opposée,
  - Valider l'absence d'impact sur les services.

↔ comment qualifier la redondance ?

↔ comment automatiser ?

## Stratégie en 3 axes (pages suivantes)

- 1 désactiver/activer les interfaces avec maîtrise du risque,
- 2 mesurer le trafic,
- 3 implémenter un protocole de test "autoréparant".



Attention:

- Mesurer le trafic: quand et comment ?  
(caractère aléatoire des flux et absence de connaissance des clients),
- Protocole de test: passer de connaissances implicites à des connaissances explicites ?  
(expérience du terrain → script).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Maintenance préventive et Tests de redondance

## MID (MAN Inter-Datacenters)

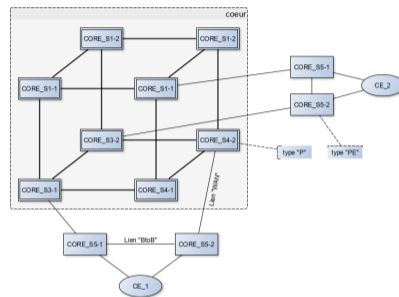
- Automatiser les tests de redondance,
  - Tester pour des raisons de QS,
  - Automatiser pour réduire le risque.
- Opérations essentielles,
  - Isoler un routeur PE,
  - Valider la reprise de trafic sur la parité opposée,
  - Valider l'absence d'impact sur les services.

↔ comment qualifier la redondance ?

↔ comment automatiser ?

## Stratégie en 3 axes (pages suivantes)

- 1 désactiver/activer les interfaces avec maîtrise du risque,
- 2 mesurer le trafic,
- 3 implémenter un protocole de test "autoréparant".



Attention:

- Mesurer le trafic: quand et comment ?  
(caractère aléatoire des flux et absence de connaissance des clients),
- Protocole de test: passer de connaissances implicites à des connaissances explicites ?  
(expérience du terrain → script).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Maintenance préventive et Tests de redondance

## MID (MAN Inter-Datacenters)

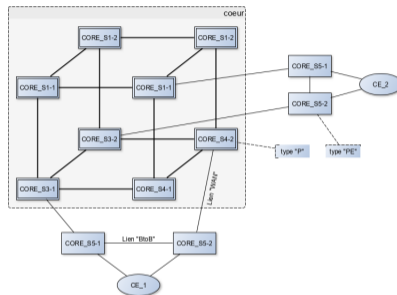
- Automatiser les tests de redondance,
  - Tester pour des raisons de QS,
  - Automatiser pour réduire le risque.
- Opérations essentielles,
  - Isoler un routeur PE,
  - Valider la reprise de trafic sur la parité opposée,
  - Valider l'absence d'impact sur les services.

↔ comment qualifier la redondance ?

↔ comment automatiser ?

## Stratégie en 3 axes (pages suivantes)

- 1 désactiver/activer les interfaces avec maîtrise du risque,
- 2 mesurer le trafic,
- 3 implémenter un protocole de test "autoréparant".



Attention:

- Mesurer le trafic: quand et comment ?  
(caractère aléatoire des flux et absence de connaissance des clients),
- Protocole de test: passer de connaissances implicites à des connaissances explicites ?  
(expérience du terrain → script).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Maintenance préventive et Tests de redondance

## MID (MAN Inter-Datacenters)

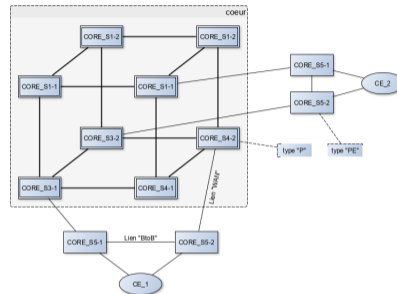
- Automatiser les tests de redondance,
  - Tester pour des raisons de QS,
  - Automatiser pour réduire le risque.
- Opérations essentielles,
  - Isoler un routeur PE,
  - Valider la reprise de trafic sur la parité opposée,
  - Valider l'absence d'impact sur les services.

↔ comment qualifier la redondance ?

↔ comment automatiser ?

## Stratégie en 3 axes (pages suivantes)

- 1 désactiver/activer les interfaces avec maîtrise du risque,
- 2 mesurer le trafic,
- 3 implémenter un protocole de test "autoréparant".



Attention:

- Mesurer le trafic: quand et comment ?  
(caractère aléatoire des flux et absence de connaissance des clients),
- Protocole de test: passer de connaissances implicites à des connaissances explicites ?  
(expérience du terrain → script).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

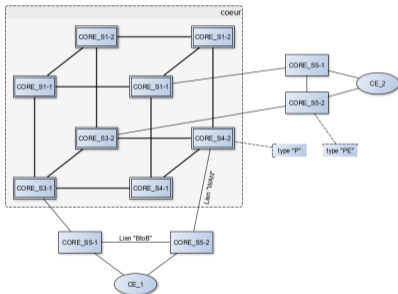
Synthèse

Annexe

References

# Maintenance préventive et Tests de redondance

(1/3) Désactiver/activer les interfaces avec maîtrise du risque,



~> ne surtout pas ...

## Basculer si la liaison WAN duale est KO

~> Mesurer [*operStatus(lag\_dual)*]

- Go, si = UP,
- No go, sinon.

## Intervenir si des opérations programmées sont prévues sur la même plage horaire

~> Relever les opérations prévues sur le périmètre

- Go, si = 0,
- No go, sinon.

## Perdre la main sur les équipements

~> Intervenir sur le nœud en amont

- WAN, SHUT depuis le routeur P,
- BtoB, SHUT depuis le PE dual.

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Maintenance préventive et Tests de redondance

## (2/3) Mesurer le trafic ...

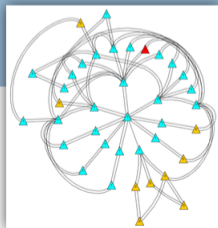
Temps de convergence

### Réseau

- Mesurer le conditionnement de la diffusion des messages de l'IGP

### Applications

- Appliquer un délai d'observation



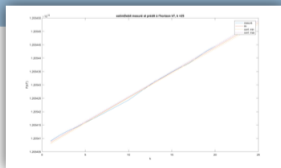
Caractéristiques du trafic

### Saisonnalité

- Durée du protocole < temps de cohérence

### Stochastique & auto-similarité

- Echantillonnage des volumes de données échangés & estimation par moindres carrés
- Prédicat utilisant une erreur relative



Débits résiduels de chaque parité

### Mesure en 2 temps

- Avant bascule :  $D_{t_1, R_x}$  et  $D_{t_1, R_y}$
- Après bascule :  $D_{t_2, R_y}$

$$\delta D := \frac{(\widehat{D}_{t_2, R_y} - \widehat{D}_{t_1, R_y}) - \widehat{D}_{t_1, R_x}}{|\widehat{D}_{t_1, R_x}|}$$

$$\kappa := |\delta D| < \alpha, \kappa \in \{Vrai, Faux\}$$

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de traitement

Cas d'usage by design et préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

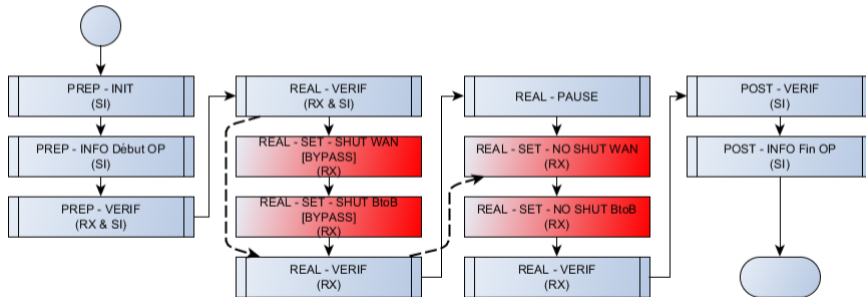
References

# Maintenance préventive et Tests de redondance

(3/3) Implémenter un protocole de test "autoréparant" ...

↪ 3 phases: Préparation / Réalisation / Post-op.

↪ Conditions d'arrêt: Bypass sur échec d'un cas de test critique amont.



Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References



# Partie 2 - Cas d'usage

## Estimer la fiabilité de la connectivité (graphes et proba.)

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

*Run* et chaîne de  
traitement

**Cas d'usage by design et  
préventif**

Gérer en réactif

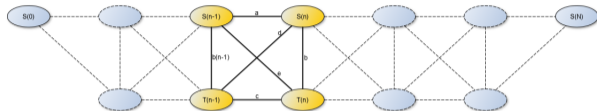
Synthèse

Annexe

References

# Estimer la fiabilité de la connectivité

Connecter 2 points ...



↔ *estimer la connectivité (disponibilité) a priori ?*  
↔ *gérer la combinatoire intrinsèque aux réseaux complexes ?*

... passe par un réseau (généralement) maillé.

↔ *factorisation du réseau (p.ex. graphes  $K_4$ , cf. méthode des matrices de transfert [Chr07]),*

↔ *calcul de connectivité par cellules élémentaires de maillage (cf. implémentation de  $K_4$ TMATRIX p. 62),*

↔ *calcul de connectivité de bout-en-bout par produit des cellules:*

```
M0 = K4TMatrix(d1, 0, 0, 0, 0, 1, 0);  
M1 = K4TMatrix(d1, d1, d1, d1, d1, dn, dn);  
...  
M5 = K4TMatrix(d1, 0, 0, 0, 0, 1, 0);
```

```
Rel2 = [1 0 0 0 0] * M5 * M4 * M3 * M2 * M1 * M0 * [1 ; 0 ; 0 ; 0 ; 0 ; 0]
```

Attention:

- *Matrice de transfert fastidieuse à concevoir selon la structure de la cellule.*

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage *by design* et  
*préventif*

Gérer en réactif

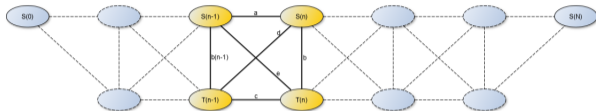
Synthèse

Annexe

References

# Estimer la fiabilité de la connectivité

Connecter 2 points ...



↔ *estimer la connectivité (disponibilité) a priori ?*

↔ *gérer la combinatoire intrinsèque aux réseaux complexes ?*

... passe par un réseau (généralement) maillé.

↪ factorisation du réseau (p.ex. graphes  $K_4$ , cf. méthode des matrices de transfert [Chr07]),

↪ calcul de connectivité par cellules élémentaires de maillage (cf. implémentation de  $K_4$ TMATRIX p. 62),

↪ calcul de connectivité de bout-en-bout par produit des cellules:

```
M0 = K4TMatrix(d1, 0, 0, 0, 0, 1, 0);  
M1 = K4TMatrix(d1, d1, d1, d1, d1, dn, dn);  
...  
M5 = K4TMatrix(d1, 0, 0, 0, 0, 1, 0);
```

```
Rel2 = [1 0 0 0 0] * M5 * M4 * M3 * M2 * M1 * M0 * [1 ; 0 ; 0 ; 0 ; 0 ; 0]
```

Attention:

- Matrice de transfert fastidieuse à concevoir selon la structure de la cellule.

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de  
traitement

Cas d'usage by design et  
préventif

Gérer en réactif

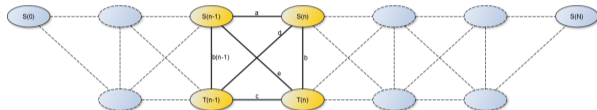
Synthèse

Annexe

References

# Estimer la fiabilité de la connectivité

Connecter 2 points ...



↔ *estimer la connectivité (disponibilité) a priori ?*

↔ *gérer la combinatoire intrinsèque aux réseaux complexes ?*

... passe par un réseau (généralement) maillé.

↪ **factorisation du réseau** (p.ex. graphes  $K_4$ , cf. méthode des matrices de transfert [Chr07]),

↪ **calcul de connectivité par cellules élémentaires de maillage** (cf. implémentation de  $K4TMatrix$  p. 62),

↪ **calcul de connectivité de bout-en-bout par produit des cellules:**

```
M0 = K4TMatrix(d1, 0, 0, 0, 0, 1, 0);  
M1 = K4TMatrix(d1, d1, d1, d1, d1, dn, dn);  
...  
M5 = K4TMatrix(d1, 0, 0, 0, 0, 1, 0);
```

```
Re12 = [1 0 0 0 0] * M5 * M4 * M3 * M2 * M1 * M0 * [1 ; 0 ; 0 ; 0 ; 0 ; 0]
```

Attention:

- Matrice de transfert fastidieuse à concevoir selon la structure de la cellule.

# Partie 2 - Cas d'usage

## Estimer les chemins d'attaque et positionner les contremesures (RAG)

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

*Run* et chaîne de  
traitement

**Cas d'usage by design et  
préventif**

Gérer en réactif

Synthèse

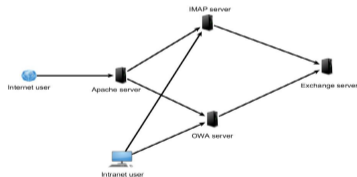
Annexe

References

# Risk Assessment Graph (RAG)

Un réseau est sensible aux cyber-attaques:

- Vulnérabilités liées au code applicatif,
- Exposition des vulnérabilités augmentant avec le temps.



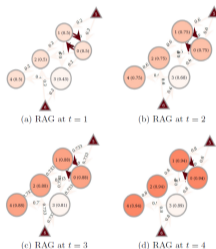
→ identifier (anticiper sur) les chemins (scénarios) d'attaque ?

→ positionner idéalement les contre-mesures ?

→ identifier les vulnérabilités de chaque ressource (nœud) du réseau,

→ calculer un risque composite (potentialité, accessibilité) dynamique pour chaque nœud du réseau,

→ calculer le chemin d'attaque principal (cf. méthode "RAGs: tool for dynamic risk" [Nag+16]).



Attention:

- Capture des connaissances,
- Mesures de vulnérabilité,
- Généralisation et sémantique des descriptions.

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de traitement

Cas d'usage by design et préventif

Gérer en réactif

Synthèse

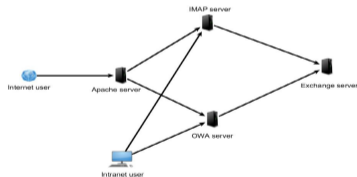
Annexe

References

# Risk Assessment Graph (RAG)

Un réseau est sensible aux cyber-attaques:

- Vulnérabilités liées au code applicatif,
- Exposition des vulnérabilités augmentant avec le temps.



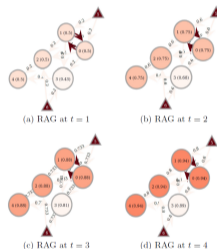
↳ identifier (anticiper sur) les chemins (scénarios) d'attaque ?

↳ positionner idéalement les contre-mesures ?

↳ identifier les vulnérabilités de chaque ressource (nœud) du réseau,

↳ calculer un risque composite (potentialité, accessibilité) dynamique pour chaque nœud du réseau,

↳ calculer le chemin d'attaque principal (cf. méthode "RAGs: tool for dynamic risk" [Nag+16]).



Attention:

- Capture des connaissances,
- Mesures de vulnérabilité,
- Généralisation et sémantique des descriptions.

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de traitement

Cas d'usage by design et préventif

Gérer en réactif

Synthèse

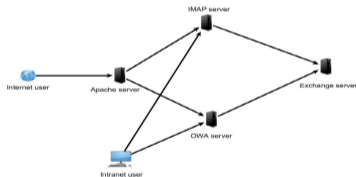
Annexe

References

# Risk Assessment Graph (RAG)

Un réseau est sensible aux cyber-attaques:

- Vulnérabilités liées au code applicatif,
- Exposition des vulnérabilités augmentant avec le temps.



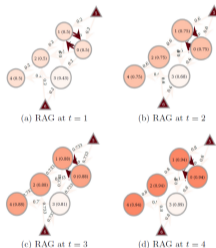
↳ identifier (anticiper sur) les chemins (scénarios) d'attaque ?

↳ positionner idéalement les contre-mesures ?

↳ identifier les vulnérabilités de chaque ressource (nœud) du réseau,

↳ calculer un risque composite (potentialité, accessibilité) dynamique pour chaque nœud du réseau,

↳ calculer le chemin d'attaque principal (cf. méthode "RAGs: tool for dynamic risk" [Nag+16]).



Attention:

- Capture des connaissances,
- Mesures de vulnérabilité,
- Généralisation et sémantique des descriptions.

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Modélisable ?

Dichotomies

Run et chaîne de traitement

Cas d'usage by design et préventif

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References



# Partie 3

## Qualité en réactif

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

**Gérer en réactif**

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References

## 1 Dessine-moi un réseau: jeu introductif

## 2 Processus et qualité

- Incident Management Process
- La recette d'exploitabilité
- Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...

## 3 Le risque et l'inimaginable

- Modélisable ?
- Dichotomies
- *Run* et chaîne de traitement
- Cas d'usage *by design* et *préventif*

## 4 Gérer en réactif

- L'efficacité opérationnelle
- Renforcer le "by operation"
- Cas d'usage *en réactif*

## 5 Synthèse

## 6 Annexe

- Le Groupe Orange et la R&D
- Implémentation d'une matrice de transfert (*K4TMatrix*)
- Acronymes et abréviations
- Bibliographie

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

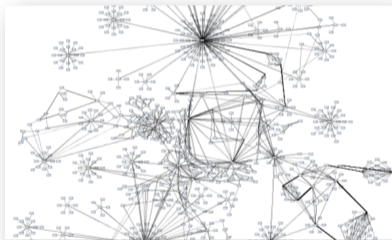
Cas d'usage *en réactif*

Synthèse

Annexe

References

# La vie d'un réseau ?



Ce n'est pas qu'une histoire technique ...

- Des milliers d'équipements,
- Un processus Think / Build / Run,
- Une organisation en silos,
- Des Service Level Agreements (SLA),
- Une augmentation de trafic et de complexité,
- Des milliers d'opérations par mois.

↳ *Comment être efficace lors d'un incident ?*

# Localiser un incident en moins de 15 minutes ?

↪ Travailler autour de l'IMP (cf. p. 13)

## Le besoin métier

- Réduire le temps de localisation de la cause racine
- Identifier les défauts de cause(s) commune(s)
- Détecter les événements complexes

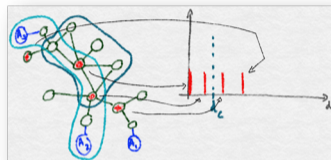
## Les questions structurantes

- Lien entre CHANGEs et INCIDENTs ?
- Phénomènes de diffusion des alarmes (temps, espace) ?
- Capacité de travailler sur des motifs d'événements ?

## Comment procéder

- Analyse du réseau et des journaux d'événements via science des données
- Intégration dans la chaîne d'orchestration de la supervision

Une intuition ...



Deux mondes, deux modes de représentation:

- Supervision = journaux d'événements ( $\approx$  série temporelle),
- Réseaux de télécommunication = graphes.

↪ combiner les deux et en tirer le meilleur (prédiction du risque).

# Localiser un incident en moins de 15 minutes ?

↪ Travailler autour de l'IMP (cf. p. 13)

## Le besoin métier

- Réduire le temps de localisation de la cause racine
- Identifier les défauts de cause(s) commune(s)
- Détecter les événements complexes

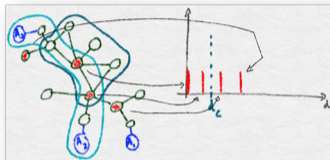
## Les questions structurantes

- Lien entre CHANGES et INCIDENTS ?
- Phénomènes de diffusion des alarmes (temps, espace) ?
- Capacité de travailler sur des motifs d'événements ?

## Comment procéder

- Analyse du réseau et des journaux d'événements via science des données
- Intégration dans la chaîne d'orchestration de la supervision

Une intuition ...



Deux mondes, deux modes de représentation:

- Supervision = journaux d'événements ( $\simeq$  série temporelle),
- Réseaux de télécommunication = graphes.

↪ combiner les deux et en tirer le meilleur (prédiction du risque).

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle  
Renforcer le "by  
operation"  
Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Localiser un incident en moins de 15 minutes ?

↪ Travailler autour de l'IMP (cf. p. 13)

## Le besoin métier

- Réduire le temps de localisation de la cause racine
- Identifier les défauts de cause(s) commune(s)
- Détecter les événements complexes

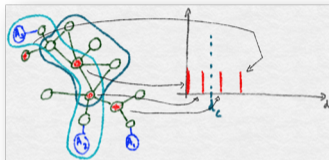
## Les questions structurantes

- Lien entre CHANGEs et INCIDENTs ?
- Phénomènes de diffusion des alarmes (temps, espace) ?
- Capacité de travailler sur des motifs d'événements ?

## Comment procéder

- Analyse du réseau et des journaux d'événements via science des données
- Intégration dans la chaîne d'orchestration de la supervision

Une intuition ...

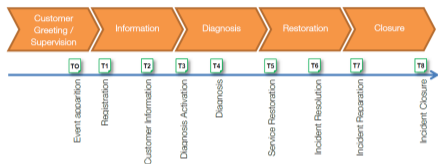


Deux mondes, deux modes de représentation:

- Supervision = journaux d'événements ( $\simeq$  série temporelle),
- Réseaux de télécommunication = graphes.

↪ combiner les deux et en tirer le meilleur (prédiction du risque).

# Renforcer le "by operation"



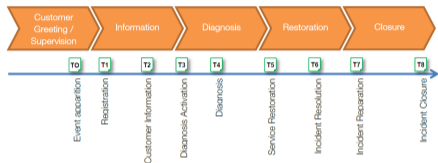
↪ *outiller l'aval ? (circonscrire la zone de recherche)*

↪ *contextualiser l'information ?*

## Exemples (pages suivantes)

- 1 Une carte et des séries
- 2 Arbre de causalité et profondeur de diffusion
- 3 L'élément commun
- 4 Des motifs dans les logs
- 5 Recommandation de cause racine et de solution

# Renforcer le "by operation"



↳ *outiller l'aval ? (circonscrire la zone de recherche)*

↳ *contextualiser l'information ?*

## Exemples (pages suivantes)

- 1 Une carte et des séries
- 2 Arbre de causalité et profondeur de diffusion
- 3 L'élément commun
- 4 Des motifs dans les logs
- 5 Recommandation de cause racine et de solution



# Partie 3 - Cas d'usage

## Une carte et des séries

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

**Cas d'usage en réactif**

Synthèse

Annexe

References

# Éléments de réseau impactés et observation des corrélations

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle  
Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References



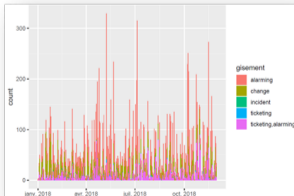
- ↳ Identifier les infrastructures impactées dans leur contexte ?
- ↳ Identifier un lien entre CHANGE et INCIDENT ?
- ↳ Envisager l'étude de la dynamique des incidents sur le réseau ?

- ↳ projeter les événements sur la carte du réseau.
- ↳ analyser l'évolution de la carte.

## Résultats

- Système de visualisation sous forme de carte
- Volumétrie des alarmes expliquée
  - par les CHANGES.
  - par le cycle hebdomadaire des opérations.
- Un temps de cohérence du réseau de 1 journée.

↳ borne de recherche en temps !



# Éléments de réseau impactés et observation des corrélations

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle  
Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References



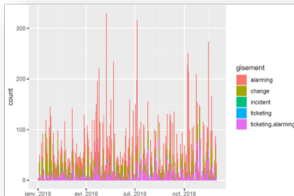
- ↳ Identifier les infrastructures impactées dans leur contexte ?
- ↳ Identifier un lien entre CHANGE et INCIDENT ?
- ↳ Envisager l'étude de la dynamique des incidents sur le réseau ?

- ↪ projeter les événements sur la carte du réseau,
- ↪ analyser l'évolution de la carte.

## Résultats

- Système de visualisation sous forme de carte
- Volumétrie des alarmes expliquée
  - par les CHANGES,
  - par le cycle hebdomadaire des opérations.
- Un temps de cohérence du réseau de 1 journée.

- ↪ borne de recherche en temps !



# Éléments de réseau impactés et observation des corrélations



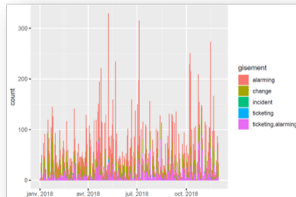
- ↳ Identifier les infrastructures impactées dans leur contexte ?
- ↳ Identifier un lien entre CHANGE et INCIDENT ?
- ↳ Envisager l'étude de la dynamique des incidents sur le réseau ?

- ↪ projeter les événements sur la carte du réseau,
- ↪ analyser l'évolution de la carte.

## Résultats

- Système de visualisation sous forme de carte
- Volumétrie des alarmes expliquée
  - par les CHANGES,
  - par le cycle hebdomadaire des opérations.
- Un temps de cohérence du réseau de 1 journée.

- ↪ borne de recherche en temps !



# Partie 3 - Cas d'usage

## Arbre de causalité et profondeur de diffusion

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

**Cas d'usage en réactif**

Synthèse

Annexe

References

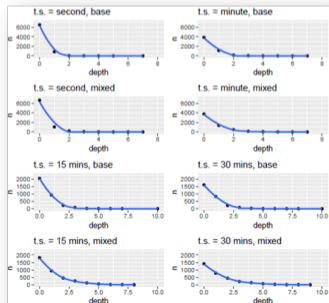
# Phénomènes de diffusion des alarmes



- ↳ identifier les phénomènes de diffusion d'alarmes ?
- ↳ simplifier la RCA ?

Attention:

- Relier des événements proches,
- Ne pas relier des événements distants physiquement.



- ↳ arbre de causalité modéré par la distance physique (ou logique),
- ↳ validation du modèle sur diverses périodes d'échantillonnage et contre un modèle aléatoire [LAF12].

## Résultats

- Prépondérance d'événements singuliers,
- Des diffusions d'au plus 3 nœuds en moyenne.

- ↳ borne de recherche en espace !

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Phénomènes de diffusion des alarmes



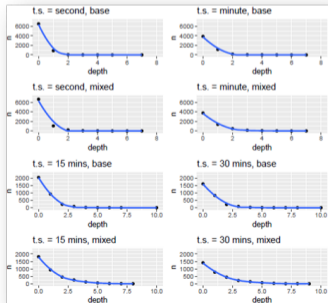
- ↪ identifier les phénomènes de diffusion d'alarmes ?
- ↪ simplifier la RCA ?

Attention:

- Relier des événements proches,
- Ne pas relier des événements distants physiquement.

↪ arbre de causalité modéré par la distance physique (ou logique),

↪ validation du modèle sur diverses périodes d'échantillonnage et contre un modèle aléatoire [LAF12].



## Résultats

- Prépondérance d'événements singuliers,
- Des diffusions d'au plus 3 nœuds en moyenne.

↪ borne de recherche en espace !

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Phénomènes de diffusion des alarmes



↪ identifier les phénomènes de diffusion d'alarmes ?

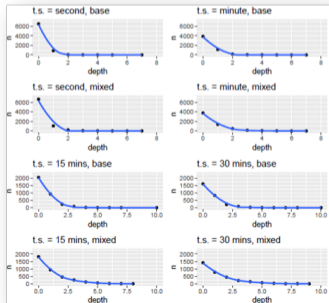
↪ simplifier la RCA ?

Attention:

- Relier des événements proches,
- Ne pas relier des événements distants physiquement.

↪ arbre de causalité modéré par la distance physique (ou logique),

↪ validation du modèle sur diverses périodes d'échantillonnage et contre un modèle aléatoire [LAF12].



## Résultats

- Prépondérance d'événements singuliers,
- Des diffusions d'au plus 3 nœuds en moyenne.

↪ borne de recherche en espace !



# Partie 3 - Cas d'usage

## L'élément commun

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

**Cas d'usage en réactif**

Synthèse

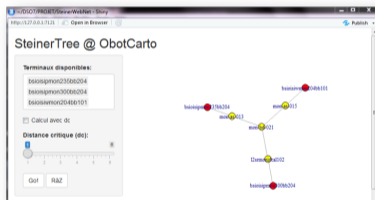
Annexe

References

# Quels éléments de réseau sont communs à 2, 3, ... N incidents

## Hypothèses:

- Les flux suivent les chemins physiques les plus courts,
- Un nœud commun à 2 événements distincts est probablement porteur de la cause.



## Résultats

- Calcul d'un arbre de Steiner pour N équipements (switch, routeur, VM, etc.) impactés,
- L'arbre de Steiner suggère
  - le cheminement des flux,
  - les nœuds communs.
- Afficher les voisins de ces nœuds pour élargir la recherche.

↔ ciblage périmétrique de la recherche de cause racine !

## Attention:

- Problème de l'arbre de Steiner: problème NP-complet en général.

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

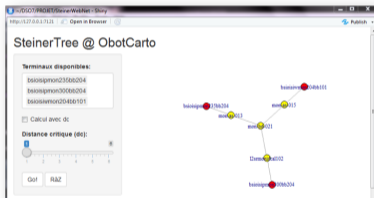
Annexe

References

# Quels éléments de réseau sont communs à 2, 3, ... N incidents

## Hypothèses:

- Les flux suivent les chemins physiques les plus courts,
- Un nœud commun à 2 événements distincts est probablement porteur de la cause.



## Résultats

- Calcul d'un arbre de Steiner pour N équipements (switch, routeur, VM, etc.) impactés,
- L'arbre de Steiner suggère
  - le cheminement des flux,
  - les nœuds communs.
- Afficher les voisins de ces nœuds pour élargir la recherche.

↔ ciblage périmétrique de la recherche de cause racine !

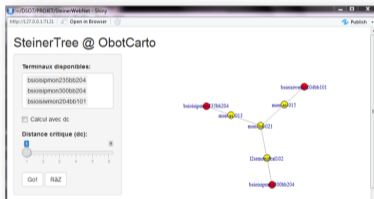
## Attention:

- Problème de l'arbre de Steiner: problème NP-complet en général.

# Quels éléments de réseau sont communs à 2, 3, ... N incidents

## Hypothèses:

- Les flux suivent les chemins physiques les plus courts,
- Un nœud commun à 2 événements distincts est probablement porteur de la cause.



## Résultats

- Calcul d'un arbre de Steiner pour N équipements (switch, routeur, VM, etc.) impactés,
- L'arbre de Steiner suggère
  - le cheminement des flux,
  - les nœuds communs.
- Afficher les voisins de ces nœuds pour élargir la recherche.

↪ ciblage périmétrique de la recherche de cause racine !

## Attention:

- Problème de l'arbre de Steiner: problème NP-complet en général.

# Partie 3 - Cas d'usage

## Des motifs dans les logs

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

**Cas d'usage en réactif**

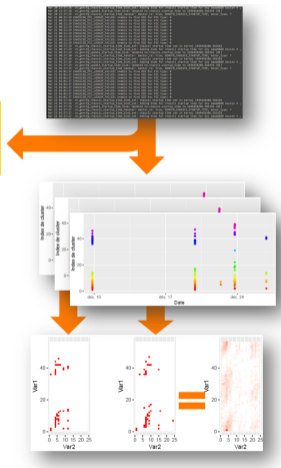
Synthèse

Annexe

References

# Simplifier l'analyse de logs volumineux multi tenants

Signatures  
messages



↪ détecter et comparer des motifs d'événements ?

- ↪ recherche d'invariants structurels dans les logs [Aha+09],
- ↪ comparaison de motifs (produit de convolution).

## Principe d'identification des invariants

- Par similarité  
 $(msg_A \approx msg_B) \Rightarrow \{msg_A, msg_B\} \in famille$

- Par entropie positionnelle

$$\log\left(\frac{1}{p_{k,j}}\right), k \in famille = \begin{cases} mot_{1,1}, mot_{1,2}, \dots, mot_{1,j} \\ \dots \\ mot_{K,1}, mot_{K,2}, \dots, mot_{K,j} \end{cases}$$

## Résultats

- Résumé des milliers de lignes de logs en familles,
- Représentations par graphes temps-présence.

↪ comparaison de motifs d'événements complexes =  
ouverture vers les systèmes de recommandation !

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

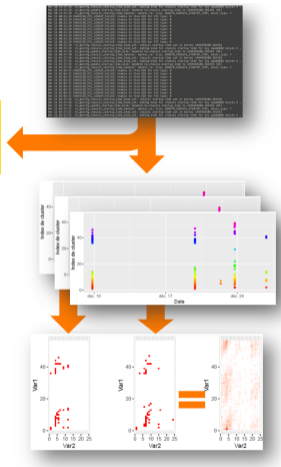
Synthèse

Annexe

References

# Simplifier l'analyse de logs volumineux multi tenants

Signatures  
messages



↪ détecter et comparer des motifs d'événements ?

- ↪ recherche d'invariants structurels dans les logs [Aha+09],
- ↪ comparaison de motifs (produit de convolution).

## Principe d'identification des invariants

- Par similarité  
 $(msg_A \approx msg_B) \Rightarrow \{msg_A, msg_B\} \in famille$

- Par entropie positionnelle

$$\log\left(\frac{1}{p_{k,j}}\right), k \in famille = \begin{cases} mot_{1,1}, mot_{1,2}, \dots, mot_{1,j} \\ \dots \\ mot_{K,1}, mot_{K,2}, \dots, mot_{K,j} \end{cases}$$

## Résultats

- Résumé des milliers de lignes de logs en familles,
- Représentations par graphes temps-présence.

↪ comparaison de motifs d'événements complexes =  
ouverture vers les systèmes de recommandation !

Dessine-moi un  
réseau: jeu interactif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

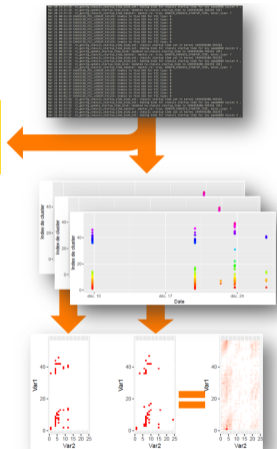
Synthèse

Annexe

References

# Simplifier l'analyse de logs volumineux multi tenants

Signatures  
messages



↔ détecter et comparer des motifs d'événements ?

↪ recherche d'invariants structurels dans les logs [Aha+09],  
↪ comparaison de motifs (produit de convolution).

## Principe d'identification des invariants

- Par similarité  
 $(msg_A \approx msg_B) \Rightarrow \{msg_A, msg_B\} \in famille$

- Par entropie positionnelle

$$\log\left(\frac{1}{p_{k,j}}\right), k \in famille = \begin{cases} mot_{1,1}, mot_{1,2}, \dots, mot_{1,J} \\ \dots \\ mot_{K,1}, mot_{K,2}, \dots, mot_{K,J} \end{cases}$$

## Résultats

- Résumé des milliers de lignes de logs en familles,
- Représentations par graphes temps-présence.

↪ comparaison de motifs d'événements complexes =  
ouverture vers les systèmes de recommandation !

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References



# Partie 3 - Cas d'usage

## Recommandation de cause racine et de solution

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

Renforcer le "by  
operation"

**Cas d'usage en réactif**

Synthèse

Annexe

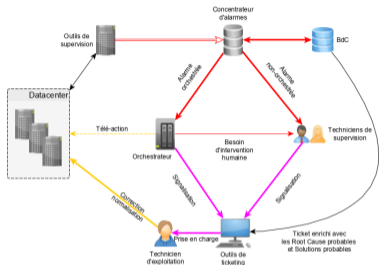
References

# Recommandation de cause racine et de solution

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec



↳ guider l'intervenant sur un incident à partir de rapports d'intervention du passé ?

## Structure type d'un ticket d'incident

- Ressource: l'élément d'infrastructure ou le service concerné,
- Description: alarme technique à l'origine du ticket ou signalisation par un utilisateur,
- Commentaires: historique des actions réalisées par les intervenants pour la résolution,
- Libellé succinct: la solution apportée,
- Famille de problème: le domaine technique de la cause première,
- Libellé de l'imputation: un résumé de la cause première.

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

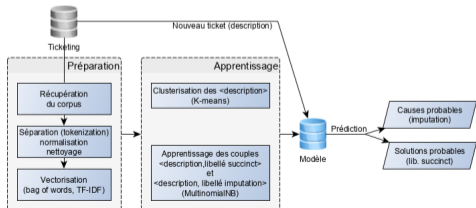
Renforcer le "by operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References



"Orchestration de la supervision" [Mar18]:

↳ traitement des commentaires (NLP) d'une base de ticketing .

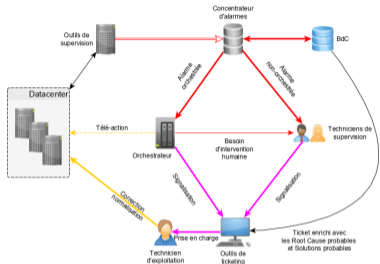
↳ enrichissement de nouveaux tickets en fonction de la signature de l'incident.

# Recommandation de cause racine et de solution

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec



↔ guider l'intervenant sur un incident à partir de rapports d'intervention du passé ?

## Structure type d'un ticket d'incident

- Ressource: l'élément d'infrastructure ou le service concerné,
- Description: alarme technique à l'origine du ticket ou signalisation par un utilisateur,
- Commentaires: historique des actions réalisées par les intervenants pour la résolution,
- Libellé succinct: la solution apportée,
- Famille de problème: le domaine technique de la cause première,
- Libellé de l'imputation: un résumé de la cause première.

Dessine-moi un réseau: jeu interactif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

L'efficacité opérationnelle

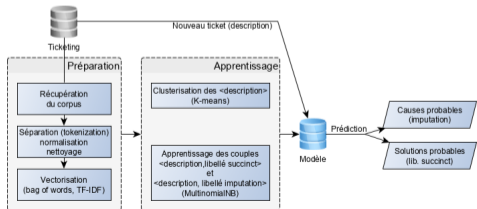
Renforcer le "by operation"

Cas d'usage en réactif

Synthèse

Annexe

References



"Orchestration de la supervision" [Mar18]:

↔ traitement des commentaires (NLP) d'une base de ticketing ,

↔ enrichissement de nouveaux tickets en fonction de la signature de l'incident.

# Synthèse

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

**Synthèse**

Annexe

References

- 1 Dessine-moi un réseau: jeu introductif
- 2 Processus et qualité
  - Incident Management Process
  - La recette d'exploitabilité
  - Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...
- 3 Le risque et l'inimaginable
  - Modélisable ?
  - Dichotomies
  - *Run* et chaîne de traitement
  - Cas d'usage *by design* et *préventif*
- 4 Gérer en réactif
  - L'efficacité opérationnelle
  - Renforcer le "by operation"
  - Cas d'usage *en réactif*
- 5 Synthèse
- 6 Annexe
  - Le Groupe Orange et la R&D
  - Implémentation d'une matrice de transfert (*K4TMatrix*)
  - Acronymes et abréviations
  - Bibliographie

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

# Nous n'avons pas abordé ...



...

- le ressenti du client,
- la gestion des compétences,
- l'impact sociétal,
- les techniques d'apprentissage,
- les techniques de décision,
- les techniques de test et vérification,
- la décidabilité algorithmique (Turing),
- la gestion des connaissances,
- l'hétérogénéité des données,
- les structures de données,
- l'alignement des vocabulaires,

ni plein d'autres sujets passionnants.

Mais ...

# Nous avons vu ...

Éléments d'exploitation des réseaux pour une conception raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems Sciences - Design for resilient systems 4 - CentraleSupélec

Dessine-moi un réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References

## Partie 1 Un réseau et des processus

Un réseau se double systématiquement,

- d'une organisation et de moyens spécialisés pour sa gestion,
- de pratiques qui garantissent une capacité de gestion.

## Partie 2 (vers la) Qualité à la conception

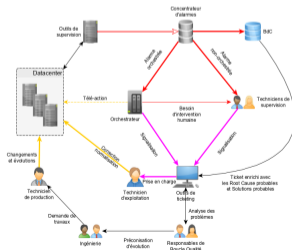
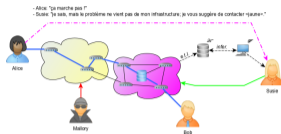
Nous pouvons anticiper sur les risques,

- en analysant les propriétés structurelles des infrastructures et services,
- en éprouvant (testant) périodiquement les infrastructures.

## Partie 3 Qualité en réactif

Nous pouvons gérer la complexité,

- en circonscrivant la zone de recherche d'un défaut,
- en traitant les connaissances métier pour guider les interventions.



# Annexe

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

**Synthèse**

Annexe

References



- 1 Dessine-moi un réseau: jeu introductif
- 2 Processus et qualité
  - Incident Management Process
  - La recette d'exploitabilité
  - Détecter et qualifier, diagnostiquer, résoudre, capitaliser ...
- 3 Le risque et l'inimaginable
  - Modélisable ?
  - Dichotomies
  - *Run* et chaîne de traitement
  - Cas d'usage *by design* et *préventif*
- 4 Gérer en réactif
  - L'efficacité opérationnelle
  - Renforcer le "by operation"
  - Cas d'usage *en réactif*
- 5 Synthèse
- 6 Annexe
  - Le Groupe Orange et la R&D
  - Implémentation d'une matrice de transfert (*K4TMatrix*)
  - Acronymes et abbréviations
  - Bibliographie

# Le Groupe Orange et la R&D

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Pour accéder aux informations:

- Le Groupe Orange ~→ <https://www.orange.com>
- Le blog de l'innovation ~→ <https://hellofuture.orange.com>
- Travailler chez Orange ~→ <https://orange.jobs>

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

**Le Groupe Orange et la  
R&D**

Implémentation d'une  
matrice de transfert  
(*K4TMatrix*)

Acronymes et  
abréviations

Bibliographie

References

# Implémentation MATLAB d'une matrice de transfert

```
function [ TMatrix ] = K4TMatrix(a, b, c, d, e, S, T)
%K4TMatrix Matrice de transfert Rn = Rel2(S0->Sn) pour un réseau K4
% From "What is the probability of connecting two points ?"
% J. Phys. A: Math. Theor. 40 (2007) 14099-14116 By Christian Tanguy
% S'applique pour le calcul de Rel2(S0->Sn) = Rn, selon :
% Rn = [1 0 0 0 0]·Mn·Mn-1 · · · M1·M0·[1 ; 0 ; 0 ; 0 ; 0]
xzi = Xi(a, c, d, e);
M11 = (a + b * e * T - a * b * e * T) * S;
M12 = (d + b * c * T - d * b * c * T) * S;
M13 = a * d * S + b * (xzi + c * e) * S * T;
M41 = non_x(a) * non_x(b) * e * S * T;
M42 = non_x(b) * c * non_x(d) * S * T;
M14 = a * e * M42; M15 = c * d * M41;
M44 = -M14; M45 = -M15;
M21 = (e + b * a * S - e * b * a * S) * T;
M22 = (c + b * d * S - c * b * d * S) * T;
M23 = c * e * T + b * (xzi + a * d) * S * T;
M51 = a * non_x(b) * non_x(e) * S * T;
M52 = non_x(b) * non_x(c) * d * S * T;
M24 = a * e * M52; M25 = c * d * M51;
M31 = -(a * b + a * e + b * e - 2 * a * b * e) * S * T;
M32 = -(b * c + b * d + c * d - 2 * b * c * d) * S * T;
M33 = ((1 - 2 * b) * xzi - b * (c * e + a * d)) * S * T;
M34 = -M14 - M24; M35 = -M15 - M25;
M43 = non_x(b) * (xzi + c * e) * S * T;
M53 = non_x(b) * (xzi + a * d) * S * T;
M54 = -M24; M55 = -M25;
TMatrix = [ M11 M12 M13 M14 M15 ; M21 M22 M23 M24 M25 ; M31 M32 M33 M34 M35 ; M41 M42 M43 M44 M45 ; M51 M52 M53 M54 M55];
end

function [ non_x ] = non_x(x)
non_x = 1 - x;
end

function [ Xi ] = Xi (a, c, d, e)
Xi = non_x(a) * non_x(c) * d * e + a * c * non_x(d) * non_x(e) - a * c * d * e;
end
```

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu interactif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

Le Groupe Orange et la  
R&D

Implémentation d'une  
matrice de transfert  
(K4TMatrix)

Acronymes et  
abréviations  
Bibliographie

References

# Acronymes et abréviations

|   |   |
|---|---|
| <b>AD</b> : Active Directory,   | <b>PE</b> : Provider Edge router (cf. MPLS),                            |
| <b>AGI</b> : Artificial General Intelligence,   | <b>Post-op.</b> : Post-opérateur,                                       |
| <b>BdC</b> : Base de Connaissances,   | <b>proba.</b> : probabilités,   |
| <b>TMC</b> : Technology Management Center,  | <b>PV</b> : Procès Verbal,  |
| <b>BtoB</b> : liaison Back-to-Back,   | <b>PSU</b> : Power Supply Unit (bloc d'alimentation en énergie),        |
| <b>CCC</b> : Customer Care Center,  | <b>QS</b> : Qualité de Service (QoS),                                   |
| <b>CHANGE</b> : opération programmée de modification,   | <b>RAG</b> : Risk Assessment Graph,                                     |
| <b>ETL</b> : Extract-Transform-Load,  | <b>R&amp;D</b> : Recherche et Développement,                            |
| <b>GED</b> : Gestion Electronique des Documents,  | <b>RCA</b> : Root Cause Analysis (recherche de cause racine),           |
| <b>IEEE</b> : Institute of Electrical and Electronics Engineers,  | <b>Run</b> : phase d'exploitation des infrastructures et des services,  |
| <b>IGP</b> : Interior Gateway Protocol (p.ex. OSPF),  | <b>RX</b> : Réseaux,  |
| <b>IMP</b> : Incident Management Process,   | <b>SI</b> : Système d'Information,                                      |
| <b>IP</b> : Internet Protocol,  | <b>SLA</b> : Service Level Agreement,                                   |
| <b>infer.</b> : inférence,  | <b>SMC</b> : Service Management Center,                                 |
| <b>in-band / out-of-band</b> : par le canal de communication / par un canal secondaire,                                     | <b>th.</b> : théorie,   |
| <b>LAG</b> : Link Aggregation Group,  | <b>ticketing</b> : système d'information pour la gestion des incidents, |
| <b>MAN</b> : Metropolitan Access Network,   | <b>TMC</b> : Technology Management Center,                              |
| <b>MID</b> : MAN Inter Datacenters (spécifique Orange),   | <b>VABF</b> : Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement,            |
| <b>MPLS</b> : MultiProtocol Label Switching,  | <b>VM</b> : Virtual Machine (machine virtuelle),                        |
| <b>NLP</b> : Natural Language Processing,   | <b>vs.</b> : versus,  |
| <b>NP-complet</b> : Non déterministe et Polynomial en temps, difficile pour la classe de problème à laquelle il appartient, | <b>VSR</b> : Validation en Service Régulier,                            |
| <b>GNOC</b> : Global Network Operation Center,  | <b>WAN</b> : Wide Area Network (réseau étendu),                         |
| <b>P</b> : Provider router (cf. MPLS),  | <b>WDM</b> : Wavelength Division Multiplexing.                          |

Eléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu interactif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

Le Groupe Orange et la  
R&D

Implémentation d'une  
matrice de transfert  
(K4TMatrix)

Acronymes et  
abréviations  
Bibliographie

References

# Bibliographie I

- [Aha+09] M. Aharon et al. “One Graph Is Worth a Thousand Logs: Uncovering Hidden Structures in Massive System Event Logs”. In: *Joint European Conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*. Springer, 2009, pp. 227–243.
- [Bae+20] J. Bae et al. “Interactive Clustering: A Comprehensive Review”. en. In: *ACM Computing Surveys* 53.1 (May 2020), pp. 1–39. ISSN: 0360-0300, 1557-7341. DOI: [10.1145/3340960](https://doi.org/10.1145/3340960).
- [BCN14] Ben Goertzel, Cassio Pennachin, and Nil Geisweiller. *Engineering General Intelligence, Part 1: A Path to Advanced AGI via Embodied Learning and Cognitive Synergy*. 2014.
- [BK87] F. Brooks and H. J. Kugler. *No Silver Bullet*. April, 1987.
- [Bou08] M. Bouissou. *Gestion de la complexité dans les études quantitatives de sûreté de fonctionnement de systèmes*. French. Paris: Éditions Tec & Doc, 2008. ISBN: 978-2-7430-1093-5.
- [Bre17] A. Brennan. “Necessary and Sufficient Conditions”. In: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Ed. by E. N. Zalta. Summer 2017. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2017.

## Bibliographie II

- [Chr07] Christian Tanguy. “What Is the Probability of Connecting Two Points ?” In: *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 40.47 (Nov. 2007), pp. 14099–14116. ISSN: 1751-8113, 1751-8121. DOI: [10.1088/1751-8113/40/47/005](https://doi.org/10.1088/1751-8113/40/47/005).
- [Dav99] David Autissier. “Recomposition Stratégique Des Systèmes d’information Par Le Concept d’urbanisme”. In: *Communication à La VIII Eme Conférence de l’A.I.M.S. Le 28/05/99 à L’École Centrale de Paris*. École Centrale de Paris, May 99.
- [Éli09] Élie FADIER. “Automatisation et Sécurité”. In: *Techniques de l’Ingénieur* (2009).
- [EM17] EDF RetD and Marc BOUISSOU. *KB3*.  
<https://www.edf.fr/groupe-edf/premier-electricien-mondial/activites/recherche-et-developpement/communaute-scientifique/codes-de-calcul?logiciel=10848>. 2017.
- [IEE+98] IEEE Computer Society et al. *IEEE Guide for Developing System Requirements Specifications*. English. New York, NY: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998. ISBN: 978-0-7381-0337-2.
- [JE14] Judea Pearl and Elias Bareinboim. *Tutorial Session B - Causes and Counterfactuals: Concepts, Principles and Tools*. en-US. Jan. 2014.

## Bibliographie III

- [LAF12] Lionel Tabourier, Alina Stoica, and Fernandon Peruani. “How to Detect Causality Effects on Large Dynamical Communication Networks: A Case Study”. In: *Complex Networks*. 2012.
- [Lam+20] L. C. Lamb et al. “Graph Neural Networks Meet Neural-Symbolic Computing: A Survey and Perspective”. In: *arXiv:2003.00330 [cs]* (May 2020). arXiv: [2003.00330 \[cs\]](https://arxiv.org/abs/2003.00330).
- [Mar18] Maria El Hindy. *Orchestration de La Supervision*. Rapport de Stage, F2R Réseau et Systèmes Logiciels, Option IoT et Big Data. Orange: IMT Atlantique, 2018.
- [Nag+16] M. Y. Naghmouchi et al. “A New Risk Assessment Framework Using Graph Theory for Complex ICT Systems”. In: *Proceedings of the 8th ACM CCS International Workshop on Managing Insider Security Threats*. MIST '16. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Oct. 2016, pp. 97–100. ISBN: 978-1-4503-4571-2. DOI: [10.1145/2995959.2995969](https://doi.org/10.1145/2995959.2995969).
- [NBL11] J.-F. Nogier, T. Bouillot, and J. Leclerc. *Ergonomie des interfaces: guide pratique pour la conception des applications Web, logicielles, mobiles et tactiles*. French. Paris: Dunod, 2011. ISBN: 978-2-10-055792-9.
- [NSN] NSNAM. *Ns-3*. <https://www.nsnam.org/>.

## Bibliographie IV

- [PHO19] Q. Pham Tran Anh, Y. Hadjadj-Aoul, and A. Outtagarts. “A Deep Reinforcement Learning Approach for VNF Forwarding Graph Embedding”. In: *IEEE Transactions on Network and Service Management* PP (Oct. 2019), pp. 1–1. DOI: [10.1109/TNSM.2019.2947905](https://doi.org/10.1109/TNSM.2019.2947905).
- [Sca19] Scaled Agile. *Story*. en-US. <https://www.scaledagileframework.com/story/>. Dec. 2019.
- [Sch+17] G. Scheithauer et al. “Suggestions for Improving a Bank’s Loan Application Process Based on a Process Mining Analysis”. en. In: *BPI Challenge 2017* (2017), p. 30.
- [Sih+19] Sihem Cherrared et al. *RCA of a Service Function Chain: A Self-Modeling Approach for vIMS*. 2019.
- [Ste19] Stefan Kempter. *ITIL Service Transition*. en. [https://wiki.en.it-processmaps.com/index.php/ITIL\\_Service\\_Transition](https://wiki.en.it-processmaps.com/index.php/ITIL_Service_Transition). Dec. 2019.
- [Wik20] Wikipedia. “Test-Driven Development”. en. In: *Wikipedia* (Nov. 2020).
- [Yan17] Yanny Han. *Automated Web Testing with HP ALM & UFT*. en. Aug. 2017.
- [Yvo02] Yvon Gattaz. “Quelle Est La Taille Idéale de l’entreprise ?” In: *Congrès Des Notaires*. Cannes: Académie des Sciences morales et politiques, Sept. 2002.



# Merci

lionel.tailhardat@orange.com

[www.orange.com](http://www.orange.com)

Éléments  
d'exploitation des  
réseaux pour une  
conception  
raisonnable

L. Tailhardat

1er mars 2021  
Design and Systems  
Sciences - Design for  
resilient systems 4 -  
CentraleSupélec

Dessine-moi un  
réseau: jeu introductif

Processus et qualité

Le risque et  
l'inimaginable

Gérer en réactif

Synthèse

Annexe

References