
Prise en compte du FH dans les systèmes critiques : L'exemple des effets de seuil

Ivan Pastorelli

Maître de conférences HDR GREDEG UMR CNRS 7321

Centre d'Etudes pour les Facteurs Humains

pastorelli@sophia.cnrs.fr

Les connaissances FH sont différenciantes pour les systèmes critiques

- sécurité/sûreté : coût et argument commercial
 - Acceptabilité des technos et leur efficacité
 - Desserre les verrous technos : remontées de besoins, usages, anticipation FCS futurs
 - Accélère l'innovation : Le FH est un vecteur d'intégration des technologies : maîtrise des divergences des technologies entre elles.
-

FH : 3 perspectives complémentaires

▣ IHM (Ergonomie) : analyse des charge de travail individuelles

- décisions, biais cognitifs, erreurs, attention
 - fatigue, contrôles sensorimoteurs, vigilance

▣ IHS (situation de travail) : comment les collectifs

- interprètent et redéfinissent leurs contraintes et leurs règles.
 - atteignent l'objectif en dégradant leurs buts intermédiaires

▣ FHO (organisation) : quelles interactions entre :

- dynamique industrielle (cycle d'innovation, coûts...)
- pratiques (réelles) de sécurité,
- modèles et théories de la sécurité disponibles.

Effets de seuil : changement de propriétés d'une partie du système qui entre en résonance et s'amplifie

- ▣ **Percolation** : transition d'un état vers un autre
 - ▣ **Catalyse** : accélération d'une réaction par un élément
 - ▣ **Emergence** : propriétés nouvelles et non prévisibles qui résulte de l'organisation d'un système.
-

Quelles seront les causes de Rupture des systèmes critiques ?

Recombinaisons d'éléments mineurs aux interfaces des technos différentes, des usages, des événements ... dans un contexte général de migration des pratiques.

- Quel modèle pour comprendre et anticiper ?
 - Mécanismes de production des erreurs ? De contournement des règles ? D'arbitrages performance/sécurité ?
- Modèle des migrations de pratiques de Rasmussen

...

La règle ... puis la réalité

transgressions de procédures
dérives dans les interprétations

Pressions sur les coûts

Pression temporelle

Innovations technologiques

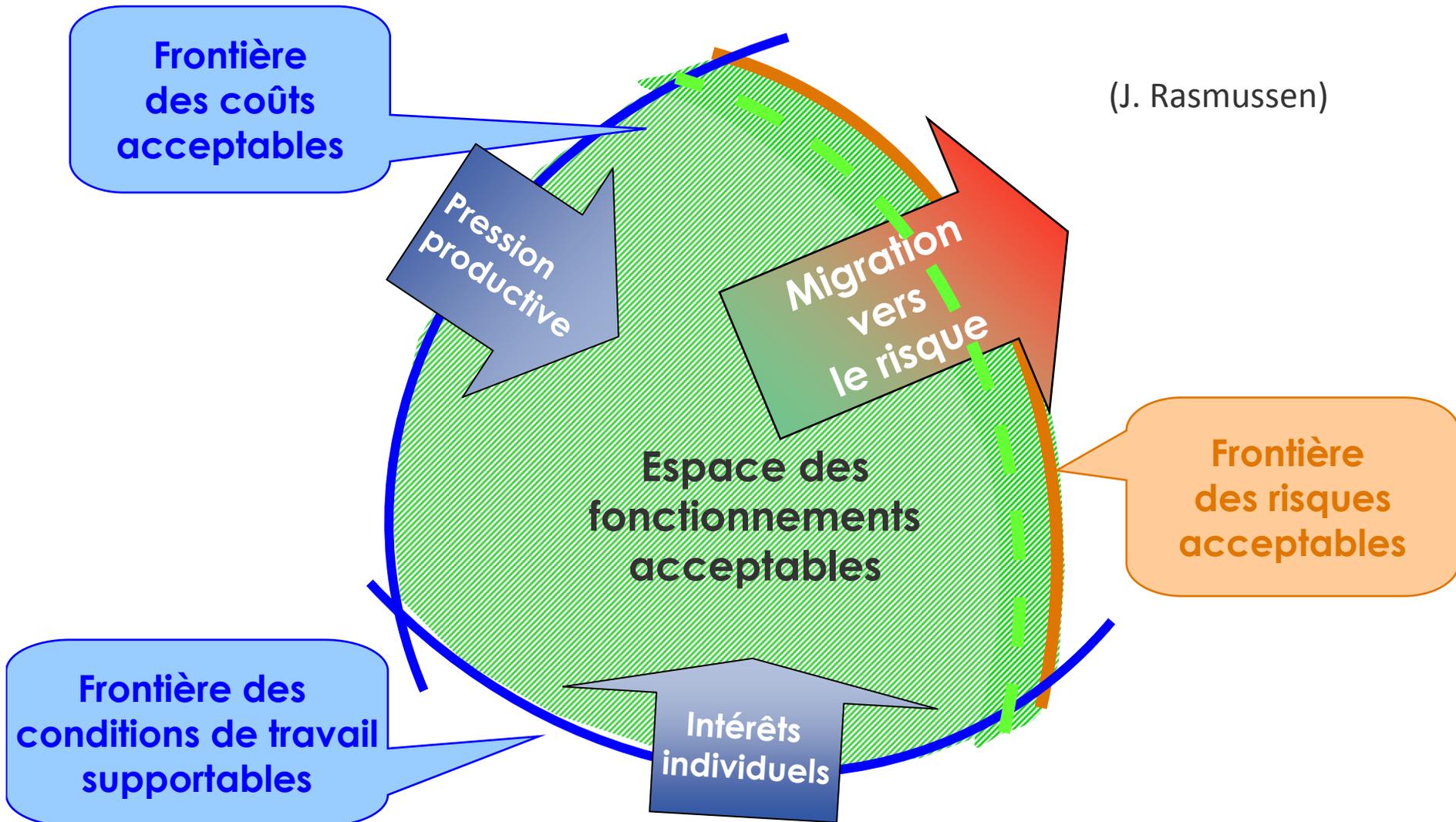
Modification des facteurs clés de succès d'une filière

Contraintes opérationnelles

gestion sociale et obsolescence des expertises

Comment modéliser ? Sans proposer de remèdes pire que le mal.

Le cadre général : le modèle de migration



L'enjeu : maîtriser les migrations

- Toute la logique de fonctionnement quotidienne des entreprises pousse aux migrations et au déséquilibre
 - Plus le système est inséré dans une conception idéalisée du fonctionnement plus il va migrer (conformité de façade)
 - Gérer les risques c'est échanger des risques, faire des choix entre des risques différents
-

4 effets de seuil des systèmes critiques

- Effets de seuil sur la fiabilité dus à la diffusion de modes de travail particuliers.
 - Effets de seuil dans la courbe des coûts due à l'hyper sécurité et à une variation des contraintes de charge.
 - Effets de seuil sur l'obsolescence des expertises et des effets de désapprentissage locaux dans des technos de maturité différentes;
 - Effets de seuil dus à la dynamique industrielle d'un secteur : marchés et technologie, structure.
-

1/4 Effets de seuil sur la fiabilité dus à des modes de travail particuliers.

- Trois modes génériques de travail
 - MODE idéal : refuser le risque ... et la performance
 - MODE nominal : prendre le risque avec toutes les précautions disponibles
 - MODE extrême : prendre le risque sans aucune précautions : ne compter que sur ses compétences, son expertise.
-

Stratégies de prise de risque selon les modèles

très sûr

sûr

Pas sûr

transition

Mode 1 : refuser le risque: limiter sa performance

37%

20 %

5 %

? %

Mode 2 : faire avec toutes les précautions disponibles

60%

70%

25%

60%

Mode 3 : faire quelque soit les conditions et les marges

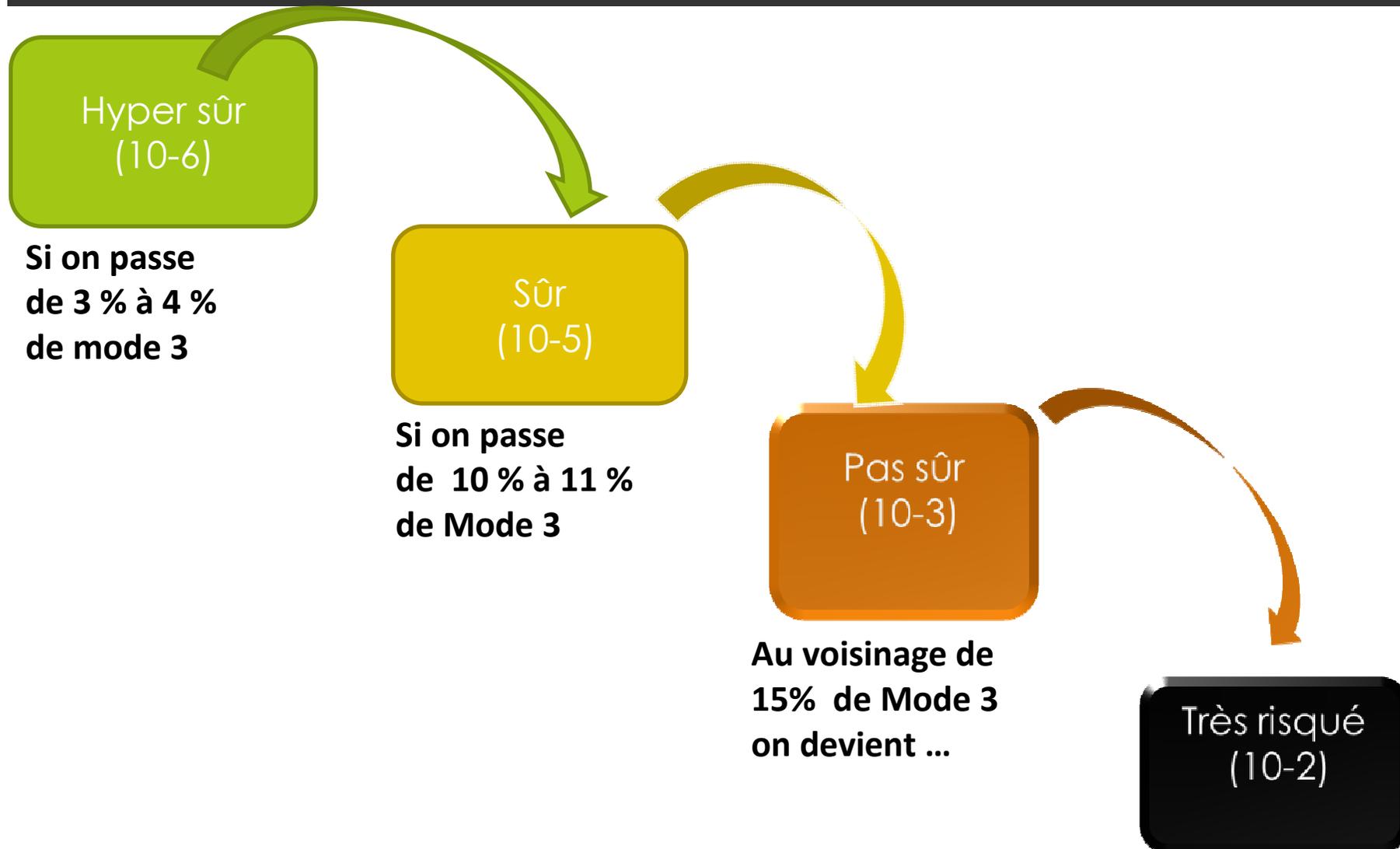
<3%

<10%

<70%

? %

Effet de seuil dus au mode 3



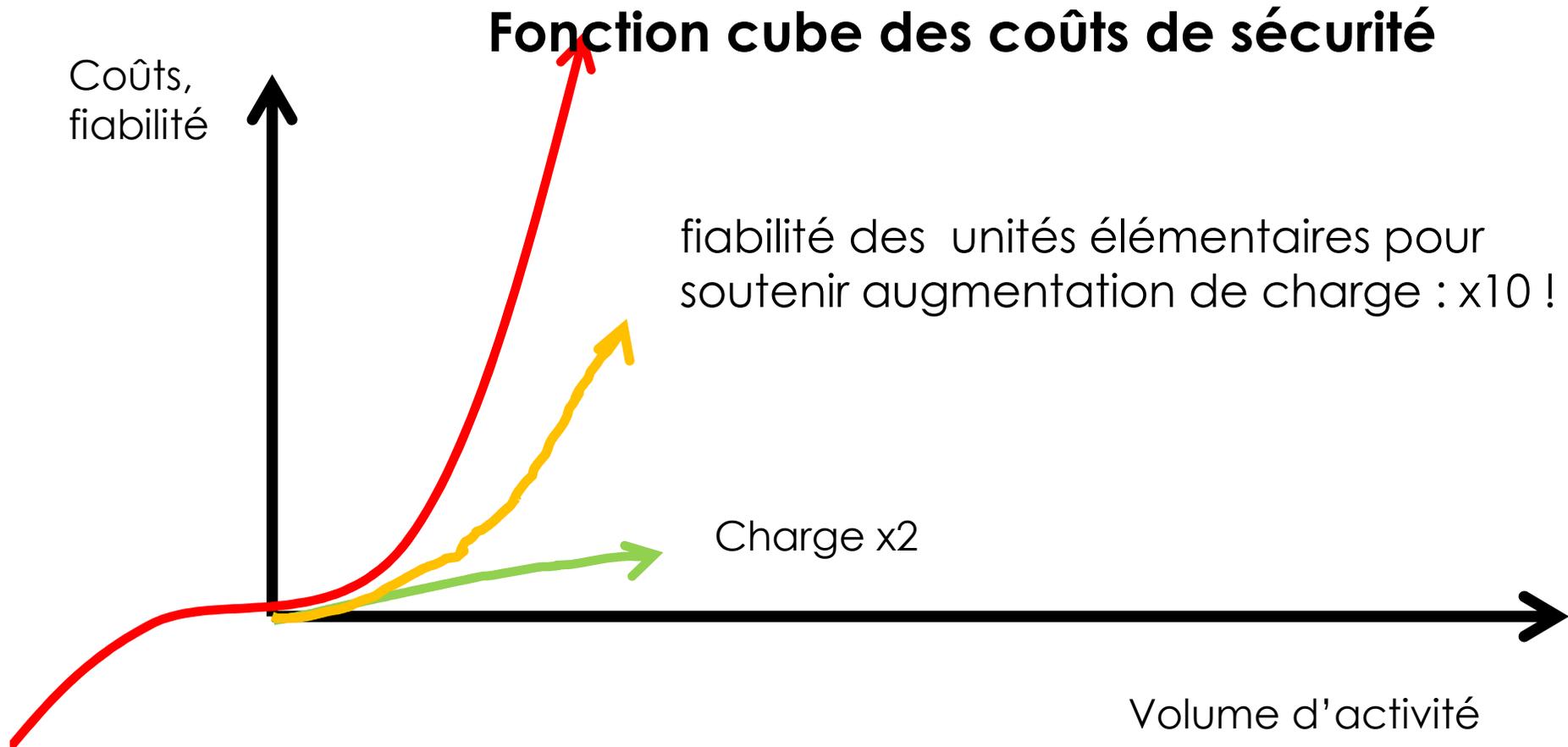
Effets de seuil dus au mode 3

- **Le mode 3** est un marqueur du niveau de fiabilité, même si sa mesure pose des difficultés pratiques et théoriques.
- Un système peut très vite **et de façon invisible** devenir peu sûr, malgré barrières de sécurité, redondances, compétences.
- La dérive du mode 3 est pernicieuse : elle arrange tout le monde y compris la hiérarchie.
- Cet effet de seuil s'exerce sur tous les types de risques :
 - Accident du travail
 - Santé au travail
 - Catastrophe majeure
 - sûreté
 - Réputation

2/4 Effets de seuil sur la courbe des coûts du à l'augmentation du volume d'activité.

- Pour un niveau de fiabilité de de 10^{-6} ...
 - un **X 2** la charge implique la sécurisation des unités élémentaires 10 à 100 fois supérieur (10^{-7} à 10^{-8}) ...
 - Ce qui a un effets sur les coûts de sécurité de **2x2X2** : fonction cube !
-

coûts de sécurité proportionnels aux cube du volume d'activité



Fonction cube des coûts de sécurité

- Des unités élémentaires très sûres implique une réduction de leur volumes (rejets dus aux non conformité)
- Effets d'échelle négatifs : explosions des contraintes (HF, limites des technos, traçabilité pour prouver le niveau de sécurité, logistique ...)
- Explosions des redondances et limites des connaissances
- Conformité et sécurité de façade (administration ...)
- Sensibilité au moindre élément perturbant
- Effets transitoires ? A quelle échelle de temps ?

3/4 Effets de seuil sur l'obsolescence des Expertises

- les orgas fonctionnent pour elles mêmes et n'innovent plus (certitudes...) On subit les ruptures des autres. Experts ne sont plus équivalents interchangeable, s'enferment dans une logique d'exactitude alors qu'il faut du consensus.
- Marginalisation des experts qui ne peuvent intégrer plus d'une ou **deux ruptures de techno de couplage en une génération.**
- Le seconde rupture de techno de couplage crée donc une obsolescence des expertises.

4/4 Effets de seuil sur la compétitivité des dynamiques industrielles

- Cycle des marchés, des technologies et des structures industrielles : saturation et ralentissement temporaire des innovations.
- La défaillance résiduelle est intolérable (souvent interprétée comme un conflit d'intérêts). Médias, justice, société demandent plus que ce que l'innovation peut donner (fin de cycle) en sécurité. Instabilité et fragilisation du système critique qui ne peut plus prouver sa sécurité donc sa performance.
- C'est paradoxalement la compétitivité (performance et sécurité) du système qui entraîne sa chute.

Conclusion : robustesse des systèmes critiques

La robustesse repose moins sur la maîtrise des erreurs et sur les compétences que sur :

- ▣ la réduction des écarts d'expertises.
 - ▣ la stabilité et la linéarité des performances.
 - ▣ l'anticipation des effets de seuil
- ▣ Et nécessite une approche FH
-