

IRON — Guide complet

Modèle et démarche d'évaluation

Indice de Robustesse des Organisations face au Numérique

Stéphan Peccini

Consultant indépendant en usage durable du numérique

Mars 2026

Résumé

Ce guide présente IRON (Indice de Robustesse des Organisations face au Numérique), une méthode d'évaluation de la fragilité numérique organisationnelle, et sa démarche de mise en œuvre. La première partie expose le contexte et les motivations. La deuxième partie décrit le modèle : trois axes (substituabilité X, résilience Y, criticité métier Z), leurs grilles d'évaluation et la formule de score. La troisième partie détaille la démarche opérationnelle en trois phases : inventaire des dépendances, évaluation par axe et analyse en vue de la remédiation. Les fondements théoriques du modèle sont présentés dans l'article scientifique associé ([PECCINI 2026](#)).

Table des matières

Convention	6
I Pourquoi : contexte et motivations	7
1 La dépendance numérique, une fragilité structurelle	8
1.1 Une dépendance devenue structurelle	8
1.2 Quatre incidents, une même leçon	8
1.3 Un angle mort des référentiels existants	9
1.4 IRON : un modèle et une démarche	10
1.5 Plan du guide	11
1.6 Guide de lecture	11
2 Genèse : des indices de criticité matérielle à IRON	14
2.1 Le projet FabNum : rendre visible la fragilité structurelle	14
2.2 Limites pour l'évaluation organisationnelle	14
2.3 Repositionnement : de la sensibilisation à l'évaluation	15
II Le modèle IRON	15
3 Architecture du modèle	17
3.1 Ce que mesure IRON	17
3.2 Unité d'analyse : le processus métier	17
3.3 Trois axes indépendants	17
3.4 Fondements théoriques	19
4 Axe X — Substituabilité numérique	20
4.1 Existe-t-il une alternative?	20
4.2 Qualifier l'alternative : niveau de service et tenabilité	20
4.3 Évaluer la maturité de l'alternative	21
4.4 Grille de notation	21
5 Axe Y — Résilience numérique	23
5.1 Évaluation par service, pas par processus	23
5.2 Quatre familles de solutions	23
5.3 Sous-composants à considérer	23
5.4 Existe-t-il une mesure?	24
5.5 Qualifier la mesure	24
5.6 Maturité et grille de notation	25



5.7	Grille d'exhaustivité	26
5.8	Composants non contrôlés	26
5.9	Risque systémique exogène	26
5.10	Agrégation par maillon faible	27
6	Axe Z — Criticité métier	28
6.1	L'arrêt a-t-il un impact ?	28
6.2	Cascades inter-processus	28
6.3	Pourquoi pas de dimension financière ?	29
6.4	Pondération non linéaire	29
6.5	Conversion en score Z	29
6.6	Évaluer chaque dimension	30
7	Formule et interprétation	32
7.1	Le taux de maîtrise	32
7.2	La formule IRON	32
7.3	Bornes	32
7.4	Règle de lecture	33
7.5	Illustration	33
8	Propriétés utiles au praticien	36
8.1	Pas de calibrage sectoriel	36
8.2	Factorisation de l'évaluation	36
8.3	Pourquoi les échelles commencent à 1	37
8.4	Scalabilité multi-niveaux	38
8.5	Réduction de la subjectivité	38
8.6	Limites explicites	39
III	La démarche d'évaluation	40
9	Phase 1 — Inventaire des dépendances	41
9.1	Approche retenue	41
9.2	Progressivité	41
9.3	Prérequis	42
9.4	Identifier les processus métier — livrable 1	42
9.5	Cartographier les services numériques — livrable 2	43
9.6	Construire la matrice de dépendance — livrable 3	43

10 Phase 2 — Évaluation	45
10.1 Matrice RACI	45
10.2 Conduite de l’axe X	45
10.3 Conduite de l’axe Y	47
10.4 Conduite de l’axe Z	48
10.5 Interprétation du score IRON	48
11 Phase 3 — Analyse et préparation à la remédiation	50
11.1 Catégorisation par zone	50
11.2 Identification des leviers	52
11.3 Concentrations d’alternatives partagées	53
11.4 Fiches de remédiation	54
11.5 Cycle de réévaluation	55
A Cas rétrospectifs	56
A.1 CrowdStrike, juillet 2024 — la diversification absente	56
A.2 OVHcloud Strasbourg, mars 2021 — la redondance absente	56
A.3 NIRS Daejeon, septembre 2025 — la concentration et la lenteur	57
A.4 Municipalité suédoise, 2021 — la substituabilité comme filet de sécurité . .	57

Convention

Dans ce document, les liens possibles à l'intérieur ou vers l'extérieur apparaissent sous les formes suivantes :



Les URL :

-  <https://conseil.peccini.fr/iron/>
- Les URL apparaissent explicitement avec leur contenu intégral, précédées de l'icône  ; il n'y a pas de lien vers un site externe qui se fasse en cliquant sur du texte.



Les renvois vers la bibliographie :

- (PECCINI 2026)
- La bibliographie est rassemblée en fin de document. Les renvois apparaissent soulignés.

Les références croisées :

-  Architecture du modèle
- Ces références permettent de naviguer depuis une partie du document vers une autre en affichant le titre de la destination, précédées de l'icône . En version interactive, cliquer sur le texte pour s'y rendre et revenir avec le raccourci clavier ou le bouton retour de votre lecteur.

Les termes du glossaire :


-  robustesse
- Certains termes techniques sont expliqués dans le glossaire en fin de document. Ils apparaissent précédés de l'icône  et soulignés. En version interactive, cliquer dessus pour consulter la définition.

Première partie

Pourquoi : contexte et motivations

1 La dépendance numérique, une fragilité structurelle

1.1 Une dépendance devenue structurelle


Le numérique a cessé d'être un outil au service des organisations : il en est devenu l'ossature. Qu'il s'agisse d'une entreprise industrielle, d'un hôpital, d'une collectivité territoriale ou d'une association, rares sont les  [processus métier](#) qui peuvent encore fonctionner sans infrastructure informatique. Cette dépendance s'est construite progressivement, portée par des gains d'efficacité réels, mais elle a créé une fragilité structurelle que peu d'organisations mesurent.

Le problème n'est pas nouveau, mais son ampleur l'est. Quand une organisation de dix personnes perd son serveur de messagerie, elle revient au téléphone. Quand une compagnie aérienne perd ses systèmes de réservation, elle cloue sa flotte au sol. La différence ne tient pas à la nature de la panne, mais au degré de dépendance : certains processus ont des alternatives, d'autres non.

1.2 Quatre incidents, une même leçon

Quatre incidents récents illustrent cette fragilité sous des angles différents.

CrowdStrike, juillet 2024

Une mise à jour défectueuse de l'agent de sécurité Falcon provoque le blocage de 8,5 millions de machines Windows dans le monde ([CROWDSTRIKE 2024](#)). Delta Air Lines annule plus de 6 000 vols et subit 500 millions de dollars de pertes ([LINES 2024](#)). Au Royaume-Uni, la majorité des cabinets de médecine générale perdent l'accès aux dossiers patients ([BBC NEWS 2024](#)) ; aux États-Unis, des hôpitaux annulent toutes leurs interventions non urgentes ([MATHEWS 2024](#)). En Australie, les caisses automatiques des supermarchés ferment ([SBS NEWS 2024](#)). Au total, les pertes directes pour le « Fortune 500 » sont estimées à 5,4 milliards de dollars ([PARAMETRIX 2024](#)). L'incident ne résulte ni d'une cyberattaque, ni d'une catastrophe naturelle : un agent unique, sur un système d'exploitation unique, constituait un  [Single Point of Failure \(SPOF\)](#) sur le chemin critique de millions d'organisations.

OVHcloud Strasbourg, mars 2021

L'incendie du datacenter SBG2 détruit physiquement des milliers de serveurs. Des entreprises, des administrations et des associations perdent leurs données de manière définitive — certaines sans sauvegarde externalisée ([OVHCLOUD 2021](#)). L'incident révèle une confusion répandue : héberger ses données chez un prestataire ne constitue pas une sauvegarde ni une assurance.

NotPetya, juin 2017


Un logiciel de destruction déguisé en rançongiciel se propage via la mise à jour de M.E.Doc, un logiciel de comptabilité fiscale que toute entreprise opérant en Ukraine était tenue d'utiliser. Maersk, premier armateur mondial, avait ce logiciel installé dans sa filiale ukrainienne — une dépendance indirecte, enfouie, dont le siège à Copenhague n'avait probablement pas connaissance. De cette unique porte d'entrée, le logiciel malveillant se propage à l'ensemble du réseau mondial et paralyse 76 ports ([GREENBERG 2019](#)). L'impact est estimé à plus de 10 milliards de dollars. Ce cas illustre un mécanisme de dépendance transitive : une obligation réglementaire locale impose un logiciel tiers, qui devient le vecteur d'une paralysie globale.

NIRS Daejeon, septembre 2025



L'explosion d'une batterie lithium-ion lors d'une opération de maintenance déclenche un incendie dans le datacenter gouvernemental sud-coréen NIRS à Daejeon ([MINISTRY OF THE INTERIOR AND SAFETY, REPUBLIC OF KOREA 2025](#)). Sur les 1 600 services numériques de l'État hébergés sur trois sites, 647 sont paralysés simultanément — dont les services postaux, la vérification d'identité et la géolocalisation des appels d'urgence. 858 téraoctets de données gouvernementales sont définitivement détruits. Le rétablissement complet prendra plus de quatre semaines. L'incident révèle qu'un tiers des services critiques d'un État étaient concentrés sur un site unique, sans basculement automatique.

Ces quatre cas partagent un trait commun : l'ampleur des conséquences n'est pas proportionnelle à la sophistication de la cause, mais au degré de dépendance des organisations touchées et à l'absence d'alternatives opérationnelles.

1.3 Un angle mort des référentiels existants

Les référentiels de gestion des risques numériques ne manquent pas : ISO 27001 pour la sécurité de l'information, ISO 22301 pour la continuité d'activité, NIST CSF pour la cybersécurité, DORA pour la résilience opérationnelle du secteur financier. Chacun apporte une contribution essentielle, mais aucun ne répond à une question simple : *si ce  service numérique tombe, que se passe-t-il pour l'organisation ?*

Cette question exige de croiser trois dimensions que les référentiels existants traitent séparément :

- le processus métier peut-il continuer sans le numérique qui le porte ? ( substituabilité fonctionnelle) ;
- le service numérique est-il capable de résister à une perturbation ? ( résilience technique) ;

- que se passe-t-il pour l'organisation si ce processus métier s'arrête ? (impact sur la [pérennité organisationnelle](#)).

L'analyse complète de cette lacune est présentée dans l'article scientifique associé ([PECCINI 2026](#)).

1.4 IRON : un modèle et une démarche

Pour répondre à cette question, ce guide présente IRON (Indice de Robustesse des Organisations face au Numérique), une méthode d'évaluation qui croise ces trois dimensions. Chaque [processus métier](#) est évalué sur trois axes indépendants :

- X — la [substituabilité fonctionnelle](#) numérique ;
- Y — la [résilience](#) du [service numérique](#) ;
- Z — la [criticité métier](#) (impact sur la [pérennité organisationnelle](#)).

IRON agrège ces trois axes en un score unique exprimé en pourcentage : plus le score est élevé, plus l'organisation est robuste face au numérique. Plus un processus est critique pour l'organisation, plus sa maîtrise du risque numérique pèse dans le score.

IRON ne remplace pas les référentiels existants : il les complète en intégrant leurs résultats dans une mesure transversale. Une organisation certifiée ISO 27001 verra ses résultats d'audit intégrés par IRON et ses investissements de sécurité reflétés dans un score Y plus élevé ; une organisation ayant conduit un BIA au sens de l'ISO 22301 disposera déjà des éléments nécessaires à l'évaluation de l'axe Z. Selon les référentiels déjà en place, l'effort sera plus ou moins important ; dans tous les cas, le résultat est un diagnostic priorisé par le besoin réel de l'organisation, qui alimente directement la préparation à la remédiation (partie III).

Le modèle définit *ce qu'il faut évaluer* ; la démarche définit *comment le faire*. Elle se déroule en trois phases : l'inventaire des dépendances numériques (quels processus dépendent de quels services), l'évaluation par axe (notation de chaque couple processus/service sur X, Y et Z à l'aide de questionnaires structurés) et l'analyse en vue de la remédiation (catégorisation par zones, identification des leviers d'action, fiches de remédiation). La partie II de ce document présente le modèle ; la partie III détaille la démarche. La figure [1](#) illustre cette articulation.

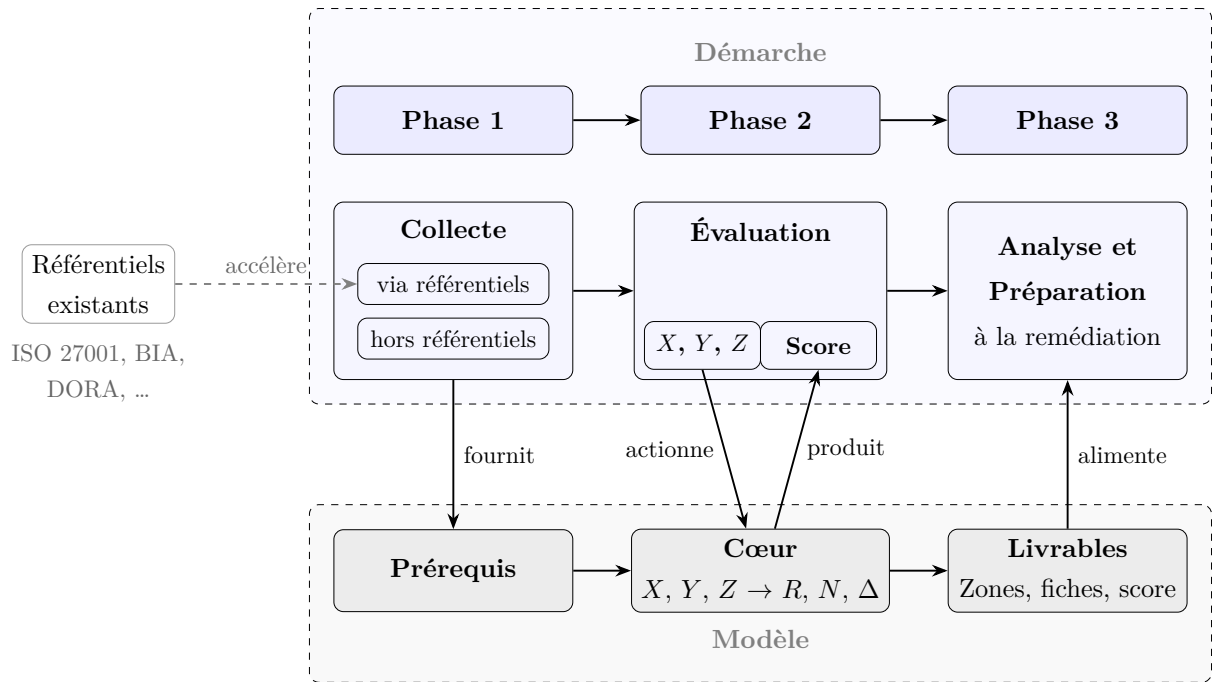


FIGURE 1 : Articulation entre le modèle IRON et la démarche opérationnelle. Les référentiels existants accélèrent l'évaluation sans la conditionner.

1.5 Plan du guide

Ce guide est structuré en trois parties.

La **partie I** (sections [1](#) et [2](#)) expose le contexte : pourquoi la dépendance numérique est une fragilité, et comment la réflexion sur les indices de criticité matérielle a conduit au modèle IRON.

La **partie II** (sections [3](#) à [8](#)) décrit le modèle : architecture, axes d'évaluation, formule et propriétés utiles au praticien. Les fondements théoriques qui justifient ces choix sont résumés brièvement ; le développement complet est dans l'article scientifique ([PECCINI 2026](#)).

La **partie III** (sections [9](#) à [11](#)) détaille la démarche opérationnelle en trois phases : inventaire des dépendances, évaluation par axe et analyse en vue de la remédiation.

L'annexe [A](#) présente des cas rétrospectifs illustrant l'application du modèle à des incidents documentés.

1.6 Guide de lecture


Ce guide s'adresse à deux profils complémentaires : le **décisionnel** (dirigeant, responsable qualité, direction générale) qui veut comprendre le score et orienter l'action, et l'**opérationnel** (responsable métier, DSI, RSSI, architecte SI) qui va conduire l'évaluation.

Le niveau de lecture par rôle pour chaque section est indiqué par les pictogrammes suivants :

	Indispensable	Importante	Recommandée
Décisionnel			
Opérationnel			

Section	Niveau de lecture
<i>Partie I — Pourquoi</i>	
<u>1</u> La dépendance numérique	
<u>2</u> Genèse (FabNum)	
<i>Partie II — Le modèle</i>	
<u>3</u> Architecture du modèle	
<u>4</u> Axe X — Substituabilité	
<u>5</u> Axe Y — Résilience	
<u>6</u> Axe Z — Criticité	
<u>7</u> Formule et interprétation	
<u>8</u> Propriétés utiles	
<i>Partie III — La démarche</i>	
<u>9</u> Phase 1 — Inventaire	
<u>10</u> Phase 2 — Évaluation	
<u>11</u> Phase 3 — Analyse et remédiation	
<i>Annexe</i>	
Annexe <u>A</u> Cas rétrospectifs	

- **Parcours décisionnel** : commencer par les sections 1 et 3 pour comprendre le problème et l'architecture d'IRON. Lire ensuite les sections 6 et 7 pour maîtriser la criticité et la formule. Terminer par la section 11 pour comprendre comment les résultats se traduisent en priorités d'action. Les cas rétrospectifs (annexe A) illustrent concrètement la mécanique.
- **Parcours opérationnel** : commencer par la section 3 pour l'architecture, puis lire les sections 4, 5 et 6 pour maîtriser les trois axes. Passer directement à la démarche (sections 9 à 11) pour conduire l'évaluation. La section 8 (propriétés) aide à optimiser l'effort d'évaluation grâce à la factorisation et à la priorisation par *Z*.

- **Parcours express** : les praticiens pressés de commencer peuvent aller directement à la section 9 (palier pilote) et revenir au modèle au fil de l'évaluation.

2 Genèse : des indices de criticité matérielle à IRON

Avant de construire IRON, une première piste a été explorée : utiliser les indices de criticité de la chaîne d’approvisionnement matérielle pour évaluer la robustesse numérique. L’analyse de l’indice FabNum¹ a servi de banc d’essai : ses forces et ses limites ont permis de juger la viabilité d’une telle transposition avant de construire un modèle propre.


2.1 Le projet FabNum : rendre visible la fragilité structurelle

Le projet FabNum a développé quatre indices pour quantifier la fragilité de la chaîne d’approvisionnement du numérique :

- **IHH** (indice de Herfindahl-Hirschman) : mesure la concentration des producteurs à chaque maillon de la chaîne (extraction, traitement, fabrication, assemblage) ;
- **IVC** (indice de vulnérabilité concurrentielle) : capte la pression intersectorielle sur les mêmes ressources (numérique, véhicules électriques, défense, énergies renouvelables) ;
- **ICS** (indice de capacité de substitution) : évalue la faisabilité technique et économique du remplacement d’un minerai critique ;
- **ISG** (indice de sensibilité géopolitique) : intègre le contexte politique des pays producteurs.


Ces indices démontrent de manière quantifiée que la chaîne d’approvisionnement du numérique est structurellement fragile : oligopoles de fabrication (TSMC concentre plus de 60 % de la fonderie mondiale de semi-conducteurs), concentration géographique des minerais critiques, tensions de marché croissantes entre secteurs concurrents. L’IVC, en particulier, capte la dynamique de pression intersectorielle que les indices classiques de criticité ne mesurent pas.

2.2 Limites pour l’évaluation organisationnelle

Malgré ces apports, l’approche par indices de criticité matérielle se heurte à trois limites fondamentales lorsqu’on cherche à l’utiliser pour évaluer la  robustesse d’une organisation.

Mesurer les causes, pas la capacité à y faire face

Les indices FabNum mesurent la probabilité qu’une perturbation survienne dans la chaîne d’approvisionnement : concentration, tensions de marché, risques géopolitiques. Ils répondent à la question « que peut-il arriver ? » mais pas à « que se passe-t-il si cela

1. Le projet FabNum est présenté sur  <https://conseil.peccini.fr/fabnum/>.

arrive ? ». Or c'est la seconde question qui détermine l'impact sur une organisation donnée. Deux entreprises exposées aux mêmes risques supply chain peuvent avoir des niveaux de **robustesse** très différents si l'une dispose d'alternatives fonctionnelles et l'autre non.

Un périmètre partiel de l'axe Y

FabNum ne couvre que le volet matériel de la résilience numérique : chaîne d'approvisionnement en minerais et composants, fabrication et assemblage. Or l'axe Y d'IRON englobe la totalité de la résilience du **service numérique** sur l'ensemble de ses couches (matériel, logiciel, hébergement, services tiers). Pour couvrir Y par des indices de criticité, il aurait fallu assembler d'autres outils fondés sur des principes similaires, chacun avec sa propre méthodologie et ses propres sources de données, sans garantie de cohérence.

Une dépendance externe et une complexité d'interprétation

Intégrer des indices comme ceux de FabNum dans le calcul d'IRON créerait une dépendance à un outil tiers : l'organisation serait liée à la disponibilité, la fréquence de mise à jour et la pérennité de chaque fournisseur d'indices. Les données sous-jacentes sont difficiles d'accès et publiées avec un à deux ans de retard. De plus, la traduction d'un IHH ou d'un ISG en score de résilience organisationnelle ne va pas de soi : ces indices mesurent une exposition structurelle, pas une capacité de réponse.

2.3 Repositionnement : de la sensibilisation à l'évaluation

L'approche par indices n'est pas inutile : elle est mal positionnée par rapport au besoin. Elle excelle dans la sensibilisation : démontrer concrètement, chiffres à l'appui, que le numérique repose sur une base matérielle fragile. C'est un travail essentiel, sans lequel les organisations n'ont pas de raison de s'engager dans une démarche de **robustesse**.

La distinction fondamentale est la suivante : les indices FabNum identifient ce qui *peut* mal tourner, cause par cause. IRON mesure la capacité de l'organisation à *continuer de fonctionner* lorsqu'une perturbation survient, quelle qu'en soit la cause. Ce renversement de perspective est formalisé dans l'article scientifique ([PECCINI 2026](#)).

Les indices de criticité matérielle ne participent donc pas au calcul d'IRON, mais conservent une utilité en amont pour sensibiliser et en aval pour orienter certaines actions de remédiation. La partie suivante présente le modèle qui répond à la question que FabNum ne pouvait pas traiter : comment évaluer la capacité d'une organisation à fonctionner quand ses services numériques défont, par l'analyse des conséquences.

Deuxième partie

Le modèle IRON

3 Architecture du modèle

3.1 Ce que mesure IRON

IRON mesure la **robustesse** de l'organisation face au numérique : sa capacité à maintenir ses fonctions essentielles quand un **service numérique** défaille. Cette robustesse ne se confond pas avec la **résilience** du service lui-même. La résilience est une propriété technique : la capacité du service à résister aux perturbations et à revenir à un état fonctionnel. La robustesse est une propriété organisationnelle : elle repose sur la diversité des moyens, la redondance des composants et le maintien d'alternatives — y compris non numériques. IRON intègre la résilience technique de chaque service (axe Y) comme composante de la robustesse, mais y ajoute ce qui relève de l'organisation : la capacité des équipes à opérer sans le service défaillant (axe X).

3.2 Unité d'analyse : le processus métier

L'unité d'analyse d'IRON est le **processus métier** : un ensemble d'activités concourant à un résultat identifiable pour l'organisation et utilisant au moins un **service numérique**. Ce choix rend IRON applicable à toute organisation — entreprise, hôpital, collectivité, association — car toute organisation, quelle que soit sa taille ou son secteur, fonctionne par processus.

Le **service numérique** est défini du point de vue du processus, pas du logiciel : c'est la fonctionnalité numérique que le processus utilise pour fonctionner. Un progiciel (ERP, suite bureautique) n'est pas un service — c'est un ensemble de services. La facturation utilise le module Facturation de l'ERP : ce module est le service numérique associé à ce processus. La production utilise le module Production du même ERP : c'est un autre service. Si deux processus utilisent des fonctionnalités différentes du même logiciel, ils dépendent de services différents.

3.3 Trois axes indépendants

Chaque processus est évalué sur trois axes indépendants, chacun produisant un score de 1 à 5 dont la mécanique est détaillée dans les sections [4](#), [5](#) et [6](#) :

- **X** — **substituabilité fonctionnelle** numérique : le processus peut-il continuer de fonctionner sans son service numérique ?
- **Y** — **résilience** numérique : le service numérique est-il capable de résister à une perturbation ?
- **Z** — **criticité métier** : quel est l'impact sur la pérennité de l'organisation si ce processus s'arrête ?

Les axes X et Y mesurent la *maîtrise* de la dépendance numérique : les alternatives dont dispose l'organisation (X) et la résilience de ses services (Y). L'axe Z est le pondérateur métier : il détermine combien chaque processus pèse dans le score global. Un processus peut être faiblement substituable (X bas) mais peu critique (Z bas), ou inversement. C'est le croisement des trois, agrégé sur l'ensemble des processus, qui révèle la robustesse réelle de l'organisation.

Le choix de commencer les échelles à 1 et non à 0 est délibéré. Seuls les processus dont l'arrêt a un impact non nul ($Z_{\text{brut}} > 0$) entrent dans le périmètre d'IRON. Un processus dont l'arrêt n'a aucun impact opérationnel, réglementaire ni réputationnel n'a pas à être évalué — il n'est pas pertinent pour la robustesse de l'organisation. Et autoriser $X = 0$ ou $Y = 0$ annulerait le score du processus quelles que soient les autres dimensions — ce qui ne refléterait pas la réalité d'un processus encore protégé par la dimension restante. Les conséquences de ce choix sur le calcul sont développées dans la section 8.

La figure 2 montre comment les trois axes se combinent pour produire le score IRON.

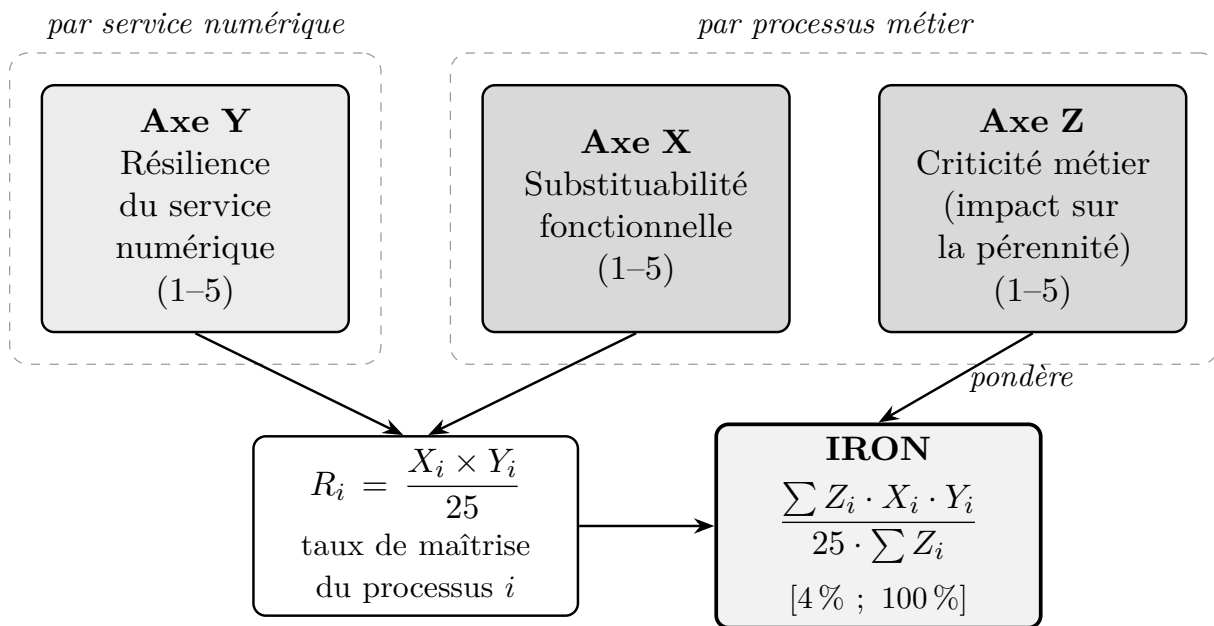


FIGURE 2 : Architecture du modèle : trois axes convergent vers un score unique de robustesse. L'axe Y est une propriété du service numérique ; les axes X et Z sont des propriétés du processus métier.

3.4 Fondements théoriques

Les cinq piliers du modèle

Le modèle IRON repose sur cinq fondements théoriques issus de disciplines différentes. Leur développement complet est présenté dans l'article scientifique associé ([PECCINI 2026](#)). Voici ce que chacun implique pour l'évaluation :

1. **Universalité organisationnelle.** Toute organisation viable fonctionne par processus rattachables à cinq fonctions universelles (opérations, coordination, contrôle, intelligence, politique). C'est pourquoi IRON est applicable à tout secteur sans calibrage spécifique.
2. **Pérennité comme continuum.** L'impact d'une défaillance numérique ne se mesure pas en termes binaires (ça marche / ça ne marche pas) mais selon trois dimensions qui affectent la pérennité de l'organisation : opérationnelle, réglementaire et réputationnelle. C'est ce que mesure l'axe Z.
3. **Renversement de perspective.** Plutôt que d'énumérer les menaces (l'espace des causes est infini), IRON évalue les conséquences d'une défaillance (l'espace des conséquences sur un service est fini et structuré). C'est ce qui rend l'évaluation tractable.
4. **Quatre familles de solutions.** La résilience d'un service (axe Y) s'évalue à travers quatre familles : Protection (C), Redondance (A), Diversification (B) et Rapidité de rétablissement (D). Le score Y est le minimum des quatre : une seule faiblesse suffit.
5. **Couverture par la triade CIA.** Chaque famille est vérifiée sur les trois dimensions classiques de la sécurité de l'information : disponibilité, intégrité, confidentialité. Ce croisement garantit qu'aucun angle mort n'est oublié dans l'évaluation.

Les sections suivantes détaillent la mécanique de chaque axe, la formule d'agrégation et les propriétés du score.

4 Axe X — Substituabilité numérique

L'axe X évalue la **■** substituabilité fonctionnelle du **■** service numérique qui supporte le processus : si ce service tombe, le processus peut-il continuer de fonctionner ? L'évaluation se fait en trois temps : d'abord vérifier l'existence d'une alternative, puis en qualifier le niveau, enfin en évaluer la maturité.

L'alternative peut être de nature variée : un autre service numérique ne partageant pas les mêmes dépendances (basculement vers un logiciel concurrent), un dispositif technique non numérique (formulaire papier, outil mécanique, procédure manuelle outillée), ou une prise en charge purement humaine (traitement oral, intervention manuelle, compétence métier exercée sans support technique). Ce qui compte n'est pas la nature de l'alternative, mais sa qualité, sa tenabilité — et la capacité des équipes à l'opérer.

4.1 Existe-t-il une alternative ?

Le scénario déclencheur est : « *ce service numérique s'arrête complètement* ». La première question est : le processus métier peut-il continuer de fonctionner ?

S'il n'existe aucune alternative, le processus s'arrête purement et simplement. C'est le niveau **S0** : le score est $X = 1$, et l'évaluation s'arrête là.

S'il existe une alternative, deux questions la qualifient.

4.2 Qualifier l'alternative : niveau de service et tenabilité

Deux critères indépendants caractérisent l'alternative :

- **Le service rendu** est-il **équivalent** ou **dégradé** ? Équivalent signifie que le processus fonctionne normalement ; dégradé signifie qu'il fonctionne mais moins bien (plus lentement, avec des pertes de fonctionnalité, avec un périmètre réduit).
- **La situation** est-elle **tenable** dans la durée ou **non tenable** ? Tenable signifie que l'organisation peut maintenir l'alternative indéfiniment sans s'épuiser ; non tenable signifie que des ressources sont consommées ailleurs et que la situation finira par s'effondrer.

Le croisement de ces deux réponses détermine le niveau de substituabilité S :

TABLE 1 : Qualification de l'alternative : croisement service rendu \times tenabilité.

	Tenable	Non tenable
Équivalent	S3	S2
Dégradé	S2	S1

Trois niveaux émergent :

- S3** Les deux critères sont remplis : l'alternative est équivalente et tenable. Le processus peut fonctionner normalement, durablement.
- S2** Un seul critère est rempli. Deux situations très différentes aboutissent au même niveau : une alternative dégradée mais tenable est une « béquille » permanente — visible, stable, gérable ; une alternative équivalente mais non tenable est un sprint — le service semble maintenu mais des ressources sont consommées ailleurs et la situation finira par s'effondrer.
- S1** Aucun des deux critères n'est rempli : l'alternative est dégradée et non tenable. C'est un sursis, pas une solution.

4.3 Évaluer la maturité de l'alternative

Une alternative identifiée n'est opérationnelle que si elle a été préparée. La  [maturité opérationnelle](#) se décline en trois niveaux :

- M0 Théorique** : l'alternative existe sur le papier, dans un PCA ou dans la tête de quelqu'un, mais n'a jamais été testée.
- M1 Testée régulièrement** : l'alternative a été validée lors d'un exercice de crise ou d'un test régulier.
- M2 Pratiquée au quotidien** : l'alternative coexiste avec le numérique en permanence (double circuit actif).

Des questions factuelles qualifient le niveau : l'alternative est-elle mise en œuvre au quotidien ? A-t-elle été testée lors d'un exercice ? Le personnel sait-il l'utiliser ? A-t-elle déjà été utilisée lors d'un incident réel ? La réponse est vérifiable, pas subjective.

4.4 Grille de notation

Le croisement $S \times M$ produit le score X :

TABLE 2 : Grille $S \times M$ (scores pour les axes X et Y).

	M0 (théorique)	M1 (testée)	M2 (pratiquée)
S1 (dég. + non ten.)	1	2	3
S2 (dég. ou non ten.)	2	3	4
S3 (équiv. + ten.)	3	4	5

S0 (aucune alternative) n'apparaît pas dans la grille : une alternative inexistante ne peut être ni testée ni pratiquée. Le score est toujours 1.

La grille suit une diagonale 1-3-5 : plus l'alternative est bonne (S) et plus elle est validée (M), plus le score monte. Deux cas limites méritent attention. D'abord, S1/M0 obtient 1 : une alternative à la fois dégradée, non tenable et jamais testée est fictive — dans les faits, elle n'existe pas. C'est un choix conservateur assumé : en l'absence de tout test, on ne distingue pas une procédure mobilisable d'une déclaration d'intention. Ensuite, S1/M2 = 3 peut surprendre : pourquoi la pratique quotidienne d'une situation intrinsèquement non soutenable améliore-t-elle le score ? Parce que la pratique réduit le temps de réaction, révèle plus tôt le point de rupture et permet à l'organisation de planifier la transition — elle ne rend pas la situation tenable, mais elle en maîtrise la dégradation.

5 Axe Y — Résilience numérique

L'axe Y évalue la **résilience** de chaque **service numérique** : sa capacité à résister aux perturbations affectant sa disponibilité, son intégrité ou sa confidentialité. C'est le cœur méthodologique d'IRON.

5.1 Évaluation par service, pas par processus

Un même service numérique peut supporter plusieurs **processus métier**. Un ERP, par exemple, supporte la gestion commerciale, la comptabilité et la gestion des stocks. Évaluer l'axe Y une fois par service, puis réutiliser le score pour chaque processus qui en dépend, évite la redondance d'évaluation et garantit la cohérence. Ce principe de *factorisation* a une conséquence opérationnelle directe : si 50 processus s'appuient sur 12 services numériques, on fait 12 évaluations Y au lieu de 50. Et si un service améliore sa résilience, tous les processus dépendants en bénéficient automatiquement dans le score.

5.2 Quatre familles de solutions

L'axe Y s'appuie sur quatre familles de solutions, issues du cadre théorique détaillé dans (PECCINI 2026) :

- **A** — **Redondance** : composants dupliqués (serveur miroir, sauvegarde, site de repli) ;
- **B** — **Diversification** : composants de nature différente (multi-fournisseur, multi-cloud, systèmes d'exploitation distincts) ;
- **C** — **Protection** : mesures préventives (pare-feu, chiffrement, contrôle d'accès, mise à jour) ;
- **D** — **Rapidité de rétablissement** : capacité de rétablissement (PRA testé, équipe d'astreinte, procédures de bascule).

Chaque famille est évaluée sur les sous-composants du service numérique, en suivant le même parcours en trois temps que l'axe X : existence d'une mesure, qualification, maturité.

5.3 Sous-composants à considérer

Les sous-composants minimaux à considérer pour chaque famille sont :

- A** — **Redondance** : traitement (serveurs, instances), stockage (disques, réplication), réseau (liens, routeurs), énergie (onduleurs, groupes électrogènes), données (sauvegardes, site de reprise).

- B — Diversification** : fournisseur cloud ou hébergement, logiciel système, logiciel applicatif, données (sites, juridictions, formats), services tiers (DNS, CDN, CA), compétences.
- C — Protection** : contrôle d'accès, sécurité réseau, sécurité des postes, sécurité applicative, chiffrement, gestion des correctifs, sensibilisation.
- D — Rapidité de rétablissement** : détection (monitoring, alerting), réponse (procédures d'incident, astreinte), reprise (PRA, restauration, bascule), test (exercices de reprise).

Ces listes sont indicatives : chaque organisation les adapte à son contexte. Une startup full-cloud n'évalue pas les mêmes sous-composants qu'une usine avec SCADA, mais la grille est la même.

5.4 Existe-t-il une mesure ?

Pour chaque sous-composant, la première question est : une mesure de résilience est-elle en place dans cette famille ?

- A** : ce sous-composant dispose-t-il d'un équivalent capable de prendre le relais en cas de défaillance ?
- B** : cette dépendance repose-t-elle sur plus d'un fournisseur ou d'une technologie ?
- C** : une mesure de protection est-elle en place ?
- D** : une procédure de détection et de restauration est-elle définie ?


S'il n'existe aucune mesure, le sous-composant obtient **S0** : le score est 1, et l'évaluation s'arrête là.

S'il existe une mesure, deux questions la qualifient.

5.5 Qualifier la mesure

Comme pour l'axe X, deux critères indépendants caractérisent la mesure :

- La **couverture** est-elle **complète** ou **partielle** ? Complète signifie que la mesure assure un service équivalent en cas de sollicitation ; partielle signifie qu'elle n'assure qu'un service dégradé.
- La mesure est-elle **tenable** dans la durée ou **non tenable** ? Tenable signifie que la mesure peut fonctionner indéfiniment ; non tenable signifie qu'elle consomme des ressources qui finiront par s'épuiser.


Le croisement détermine le niveau S, avec la même matrice que l'axe X (tableau 1) : complète et tenable \rightarrow S3 ; un seul critère \rightarrow S2 ; aucun \rightarrow S1.

Le sens des deux critères s'adapte à chaque famille :

- A — Redondance.** Couverture : le relais assure-t-il un service équivalent ou dégradé ? Tenabilité : le relais peut-il fonctionner indéfiniment ?
- B — Diversification.** Couverture : l'alternative technologique ou le fournisseur de secours assure-t-il un service équivalent ? Tenabilité : cette alternative est-elle viable durablement ?
- C — Protection.** Couverture : la protection couvre-t-elle l'ensemble du périmètre ou seulement une partie ? Tenabilité : la protection résiste-t-elle à une sollicitation soutenue ?
- D — Rapidité de rétablissement.** Couverture : la procédure permet-elle une reprise complète ou seulement partielle ? Tenabilité : le délai de reprise est-il compatible avec les besoins métier ?

La famille D est aussi le lieu où se mesurent les **compétences numériques** nécessaires au rétablissement. Une procédure de reprise n'a de valeur que si des personnes compétentes savent l'exécuter — diagnostiquer la panne, restaurer les données, basculer sur le site de secours. Les questions de maturité (M) intègrent cette dimension : qui sait exécuter cette procédure ? Combien de personnes en sont capables ? Que se passe-t-il si elles sont absentes ? Une procédure testée par une seule personne qui a quitté l'organisation est de facto retombée à M0.

5.6 Maturité et grille de notation


La  maturité opérationnelle se décline en trois niveaux, identiques à ceux de l'axe X :

M0 Théorique : la mesure existe sur le papier mais n'a jamais été testée.

M1 Testée régulièrement : la mesure a été validée lors d'un exercice ou d'un audit.

M2 Pratiquée au quotidien ou surveillée en continu.

Pour la famille C, la maturité prend la forme de la vérification effective : M0 = jamais auditée, M1 = testée par un audit ou un pentest régulier, M2 = surveillée et maintenue en continu.

Le croisement $S \times M$ produit le score du sous-composant, avec la même grille que l'axe X (tableau 2). La règle S1/M0 = 1 s'applique également : une mesure dégradée, non tenable et jamais testée est fictive.

5.7 Grille d'exhaustivité



Chaque famille est déclinée selon les trois dimensions de la triade  Confidentialité, Intégrité, Disponibilité (Confidentiality, Integrity, Availability) (CIA), créant une matrice qui garantit l'exhaustivité de l'évaluation :

TABLE 3 : Matrice d'exhaustivité : familles de solutions × dimensions CIA.


	Disponibilité	Intégrité	Confidentialité
A — Redondance	cluster, site de repli	réplication, RAID	chiffrement des copies
B — Diversification	multi-cloud	formats ouverts	multi-fournisseur
C — Protection	pare-feu, WAF	contrôle d'accès	chiffrement, MFA
D — Rapidité	PRA, bascule auto.	restauration	révocation d'accès

Cette grille n'est pas un questionnaire : c'est un outil de vérification. L'évaluateur parcourt chaque cellule pour s'assurer qu'aucun angle de fragilité n'a été oublié. Les exemples du tableau sont indicatifs ; chaque organisation les adapte à son contexte. Deux cellules méritent une clarification. La cellule A/Confidentialité (chiffrement des copies) : une copie de secours est un nouveau point d'exposition — la redondance crée mécaniquement un besoin de protection. La cellule B/Intégrité (formats ouverts) : l'usage de formats propriétaires crée une dépendance au fournisseur pour lire ses propres données, ce qui est bien un enjeu de diversification.


5.8 Composants non contrôlés

Un service numérique inclut souvent des composants que l'organisation ne contrôle pas : un service SaaS, une API tierce, un réseau opérateur. Pour ces composants, l'évaluation ne porte pas sur la résilience du fournisseur (que l'organisation ne peut ni mesurer ni influencer), mais sur la résilience de l'organisation *face à* la défaillance du fournisseur. La question n'est pas « mon fournisseur est-il fiable ? » mais « que se passe-t-il pour moi si mon fournisseur tombe ? ». C'est une application directe du renversement de perspective décrit dans l'encadré fondements de la section  3 : évaluer les conséquences, pas les causes.


5.9 Risque systémique exogène

Certains risques échappent au périmètre d'une organisation isolée : un fournisseur commun à tout un secteur (comme CrowdStrike avant juillet 2024), une dépendance transitive enfouie dans la chaîne logicielle. IRON reconnaît explicitement cette limite : le  risque systémique exogène n'est pas évaluable au niveau d'une organisation et ne fait pas partie du score. Il relève d'une analyse sectorielle ou nationale.

5.10 Agrégation par maillon faible

Le score Y d'un service numérique est déterminé par le principe du  [maillon faible](#) : la résilience globale est celle de la famille la plus faible. L'agrégation se fait en deux temps :

1. **Intra-famille** : pour chaque famille (A, B, C, D), le score est le *minimum* des scores des sous-composants — le sous-composant le moins résilient détermine le score de la famille.
2. **Inter-familles** : le score Y du service est le *minimum* des scores des quatre familles — la famille la plus faible détermine la résilience globale.

Ce choix est conservateur : il suffit d'une seule famille défaillante pour que le service soit fragile. Un service parfaitement redondant ($A = 5$) mais sans aucune protection ($C = 1$) obtient un $Y = 1$. Les incidents de la section  1 illustrent ce principe : chez OVHcloud, l'absence de redondance externalisée a suffi à détruire des données ; chez les organisations touchées par CrowdStrike, l'absence de diversification a suffi à les paralyser ; à Daejeon, l'absence de bascule automatique a paralysé 647 services malgré l'existence de sites de repli. Dans chaque cas, une seule famille défaillante a déterminé l'issue. La justification formelle de ce choix d'agrégation est développée dans (PECCINI 2026).

Le score Y doit donc être lu à deux niveaux : le score agrégé est un **signal d'alerte** (un $Y = 1$ signifie qu'au moins une famille est défaillante et que le service est fragile), le profil détaillé (A, B, C, D) est le **diagnostic** (il identifie quelle famille est défaillante et où investir). Un service ayant $A=5, B=5, C=5, D=1$ et un service ayant $A=1, B=1, C=1, D=1$ obtiennent le même signal ($Y=1$), mais leurs plans d'action sont radicalement différents.

6 Axe Z — Criticité métier

L'axe Z évalue l'impact qu'aurait l'arrêt d'un **processus métier** sur la **pérennité organisationnelle** de l'organisation. L'évaluation se fait en deux temps : d'abord vérifier que l'arrêt a un impact, puis en mesurer la gravité sur trois dimensions :

- **O** — impact **opérationnel** : l'arrêt du processus empêche-t-il l'organisation de délivrer ses produits ou services ?
- **Reg** — impact **réglementaire** : l'arrêt du processus met-il l'organisation en infraction ?
- **Rep** — impact **réputationnel** : l'arrêt du processus porte-t-il atteinte à la confiance des parties prenantes ?

6.1 L'arrêt a-t-il un impact ?

Le scénario déclencheur est : « *ce processus métier s'arrête complètement* ». L'arrêt complet est le cas limite conservateur : il borne le score Z par le haut et simplifie l'évaluation. Les axes X et Y modélisent la dégradation graduellement parce qu'ils évaluent des *solutions* (qui peuvent être partielles) ; l'axe Z évalue un *impact organisationnel*, et le scénario du pire est le plus reproductible.

Si l'arrêt n'a aucun impact sur aucune des trois dimensions ($Z_{\text{brut}} = 0$), le processus sort du périmètre d'IRON : il n'est pas nécessaire d'évaluer X et Y pour ce processus.

Si l'arrêt a un impact, l'évaluateur mesure sa gravité sur chacune des trois dimensions.

6.2 Cascades inter-processus

L'évaluation de chaque dimension porte sur les conséquences *ultimes* de l'arrêt du processus, pas sur ses conséquences directes seules. Les processus d'une organisation sont interconnectés : l'arrêt de l'un peut entraîner l'arrêt d'autres processus qui en dépendent. L'évaluateur ne doit pas considérer le processus en vase clos : si l'arrêt de la gestion commerciale entraîne celui de la facturation, puis de la trésorerie, c'est l'impact de cette cascade complète qui détermine le score Z de la gestion commerciale.

Les cascades ne font donc pas l'objet d'un mécanisme séparé : elles sont absorbées dans l'évaluation de Z de chaque processus amont. Dans une organisation complexe, ces cascades peuvent traverser plusieurs niveaux ; l'évaluation de Z pour un processus amont devrait être conduite avec des personnes connaissant l'ensemble de la chaîne aval, pas seulement le processus évalué. Ce mécanisme garantit aussi le découplage entre les axes Y et Z : l'axe Y est évalué par service numérique, l'axe Z par processus métier.

6.3 Pourquoi pas de dimension financière ?

La dimension financière est absente parce qu'elle est transverse. Une perte de chiffre d'affaires est toujours la conséquence d'un impact opérationnel (production arrêtée), réglementaire (amende, suspension d'activité) ou réputationnel (perte de clients). L'intégrer comme dimension séparée créerait un double comptage : l'impact serait compté une fois dans sa dimension causale et une seconde fois dans la dimension financière. La justification formelle de cette exclusion est développée dans [\(PECCINI 2026\)](#).

6.4 Pondération non linéaire

Chaque dimension est évaluée sur quatre niveaux : pas d'impact (0), marginal (1), significatif (4), menaçant (10). La progression est non linéaire : l'écart entre « marginal » et « significatif » est plus grand qu'entre « pas d'impact » et « marginal », et l'écart entre « significatif » et « menaçant » est plus grand encore. Ce choix reflète la réalité : même les trois dimensions à niveau marginal ($3 \times 1 = 3$) ne franchissent pas le seuil d'une dégradation significative isolée (poids 4). Deux dégradations significatives ($2 \times 4 = 8$) pèsent plus que la somme de toutes les gênes marginales possibles. Un seul « menaçant » (10) suffit à lui seul pour la criticité maximale ($Z = 5$).

TABLE 4 : Niveaux de pondération pour chaque dimension de l'axe Z.

Dimension	Pas d'impact	Marginal	Significatif	Menaçant
Opérationnel (O)	0	1	4	10
Réglementaire (Reg)	0	1	4	10
Réputationnel (Rep)	0	1	4	10

6.5 Conversion en score Z

Le score brut de criticité est la somme des trois dimensions : $Z_{\text{brut}} = O + \text{Reg} + \text{Rep}$, ce qui donne une valeur entre 0 et 30. Ce score brut est ensuite converti en score Z entre 1 et 5 :

TABLE 5 : Conversion du score brut de criticité en score Z.

Z_{brut}	Score Z	Interprétation
0*	1	Aucun impact
1	2	Un marginal isolé
2-4	3	Plusieurs marginaux ou un significatif isolé
5-9	4	Un significatif accompagné ou plusieurs significatifs
≥ 10	5	Au moins un menaçant

*Un processus à $Z_{\text{brut}} = 0$ n'a aucun impact sur la pérennité ; il est exclu du périmètre IRON.

Les seuils correspondent à des ruptures qualitatives. Un score brut de 1 signifie exactement un marginal isolé (score 2) ; dès 2, on entre dans la zone significative (score 3). Un score brut ≥ 10 signifie qu'au moins une dimension est menaçante — un seul « menaçant » suffit à placer le processus au niveau de criticité maximal (score 5).

6.6 Évaluer chaque dimension

Pour chacune des trois dimensions, l'évaluateur répond à trois questions en cascade.

Dimension opérationnelle — *Capacité à produire le service, le produit ou à remplir la mission.*

1. L'arrêt de ce processus affecte-t-il la capacité de l'organisation à produire son service, son produit ou à remplir sa mission ? Non \rightarrow poids = 0. Oui \rightarrow question suivante.
2. L'organisation peut-elle continuer à fonctionner sans mesure particulière, avec une gêne mineure ? Oui \rightarrow poids = 1 (marginal). Non \rightarrow question suivante.
3. L'organisation peut-elle encore remplir sa mission fondamentale sur cette dimension ? Oui, mais en mode dégradé et la situation s'aggrave \rightarrow poids = 4 (significatif). Non, la mission est compromise \rightarrow poids = 10 (menaçant).


Dimension réglementaire — *Droit d'exister et d'opérer.*

1. L'arrêt de ce processus crée-t-il un risque de non-conformité réglementaire ou de perte de légitimité ? Non \rightarrow poids = 0. Oui \rightarrow question suivante.
2. Ce risque est-il mineur (écart corrigeable sans conséquence, observation sans sanction) ? Oui \rightarrow poids = 1 (marginal). Non \rightarrow question suivante.
3. L'organisation risque-t-elle de perdre ce qui l'autorise à exister ou à opérer ? Non, mais sanctions, mises en demeure ou perte partielle de prérogatives \rightarrow poids = 4 (significatif). Oui (retrait de licence, perte de mandat, dissolution) \rightarrow poids = 10 (menaçant).

Dimension réputationnelle — *Capital de confiance des parties prenantes.* L'évaluation se fait sous hypothèse de divulgation : l'impact est estimé comme si l'incident devenait public, indépendamment de la probabilité que cela se produise.

1. L'arrêt de ce processus affecte-t-il la confiance des parties prenantes (clients, citoyens, donateurs, partenaires) ? Non \rightarrow poids = 0. Oui \rightarrow question suivante.
2. L'impact est-il temporaire et facilement réparable (incident mineur, gêne passagère) ? Oui \rightarrow poids = 1 (marginal). Non \rightarrow question suivante.

3. La confiance des parties prenantes essentielles est-elle durablement compromise ?
Partiellement, avec un effort de rétablissement nécessaire → poids = 4 (significatif). Oui, perte de confiance majeure mettant en cause la pérennité → poids = 10 (menaçant).

Le score brut est la somme des trois poids, convertie en score Z par le tableau  5.

7 Formule et interprétation

7.1 Le taux de maîtrise

Pour chaque **processus métier** i , le produit $X_i \times Y_i$ mesure sa *maîtrise du risque numérique* : combinaison de la **substituabilité fonctionnelle** du processus et de la **résilience** du service qui le supporte. Le *taux de maîtrise* de chaque processus est :

$$R_i = \frac{X_i \times Y_i}{25}$$

Il varie de $\frac{1}{25}$ (aucune substituabilité, aucune résilience) à 1 (substituabilité et résilience maximales). La compensation est impossible : un service très résilient ($Y = 4$) mais irremplaçable ($X = 1$) reste un risque, car si la résilience échoue, il n'y a pas de recours.

7.2 La formule IRON

La **criticité métier** Z_i détermine combien la maîtrise de chaque processus pèse dans le score global : plus un processus est critique, plus son niveau de maîtrise influence l'indice. L'indice IRON agrège les taux de maîtrise en un score unique, pondéré par la criticité :

$$\text{IRON} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n Z_i} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i \cdot X_i \cdot Y_i}{25 \cdot \sum_{i=1}^n Z_i}$$

IRON est la moyenne des taux de maîtrise, pondérée par la criticité métier de chaque processus. Cette formule a trois propriétés immédiates :

1. Z ne contribue pas directement au score — il détermine *combien* le taux de maîtrise de chaque processus compte ;
2. améliorer X ou Y sur un processus peu critique (Z_i faible) ne change quasiment rien au score global ;
3. la priorité d'action est limpide : améliorer X ou Y là où Z est maximal.

7.3 Bornes

Le score IRON est borné entre 4 % et 100 % :

- 4 % (robustesse minimale) : tous les $X_i = 1$ et $Y_i = 1$. Aucun processus n'est substituable, aucun service numérique n'est résilient. L'organisation est exposée à toute perturbation.

- **100 %** (robustesse maximale théorique) : tous les $X_i = 5$ et $Y_i = 5$. Chaque service numérique dispose de solutions matures dans les quatre familles, et chaque processus a une alternative équivalente et pratiquée.

Le plafond de 100 % est théoriquement accessible mais pratiquement inatteignable : il supposerait, pour chaque sous-composant de chaque service numérique, une solution équivalente, tenable et pratiquée en permanence dans les quatre familles. L'objectif d'IRON est de mesurer la progression, pas d'atteindre un absolu.

7.4 Règle de lecture

Le score IRON agrégé ne doit jamais être interprété seul. Deux processus ayant le même produit $X \times Y$ peuvent refléter des réalités différentes : un processus faiblement substituable ($X = 1$) adossé à un service résilient ($Y = 4$) n'est pas dans la même situation qu'un processus substituable ($X = 4$) adossé à un service fragile ($Y = 1$), même si leur taux de maîtrise est identique. Le score global doit être lu conjointement avec les profils détaillés : scores X par couple (processus, service), scores Y par famille (A, B, C, D) et par sous-composant, scores Z par dimension (O, Reg, Rep). La démarche opérationnelle (partie [III](#)) détaille les règles de lecture et d'analyse des résultats.

Précision du score. Le score IRON est exprimé en pourcentage pour la lisibilité, mais cette apparente continuité ne doit pas être confondue avec une précision de mesure. Les entrées sont des échelles discrètes (1 à 5), et les décimales du score agrégé résultent de l'arithmétique de la moyenne pondérée, pas d'une résolution de mesure plus fine. Deux scores qui diffèrent de quelques points de pourcentage reflètent le même niveau de robustesse. Le score est significatif comme indicateur de zone (un processus à 12 % n'est pas dans la même situation qu'un processus à 65 %) et comme outil de suivi de progression dans le temps, pas comme un classement précis entre processus. La hiérarchisation fine entre scores proches relève de la connaissance contextuelle de l'organisation, pas du modèle.

7.5 Illustration

Pour rendre le modèle concret, considérons cinq processus métier fictifs :

Le taux de maîtrise et la contribution pondérée de chaque processus sont :

$$\text{IRON} = \frac{\sum Z_i \cdot R_i}{\sum Z_i} = \frac{6,24}{18} \approx 34,7\%$$

Ce score de 34,7 % signale une robustesse à améliorer.

La figure [3](#) cartographie ces processus sur le plan $X \times Y$. Le dégradé de couleur indique le taux de maîtrise R_i : du rouge (4 %, aucune maîtrise) au vert (100 %, maîtrise)

TABLE 6 : Cinq processus métier fictifs évalués sur les axes X, Y et Z.

Id	Description	X_i	Y_i	Z_i
P1	Non substituable, résilience moyenne, critique	1	3	4
P2	Substituabilité basse, bonne résilience, peu critique	2	5	2
P3	Bonne substituabilité, résilience faible, très critique	4	2	5
P4	Excellente substituabilité, bonne résilience, criticité moyenne	5	4	3
P5	Substituabilité et résilience moyennes, critique	3	2	4

TABLE 7 : Calcul détaillé de l'indice IRON pour les cinq processus.

Id	X_i	Y_i	Z_i	$R_i = \frac{X_i \times Y_i}{25}$	$Z_i \times R_i$
P1	1	3	4	0,12	0,48
P2	2	5	2	0,40	0,80
P3	4	2	5	0,32	1,60
P4	5	4	3	0,80	2,40
P5	3	2	4	0,24	0,96
Total			18		6,24

maximale). La taille de chaque cercle est proportionnelle à la criticité Z_i . Les processus les plus préoccupants sont les gros cercles en zone rouge : critiques et mal couverts.

La figure 4 ajoute la dimension verticale : chaque processus s'élève à la hauteur de sa contribution $Z_i \times R_i$. Plus la tige est haute, plus le processus contribue positivement au score IRON global.

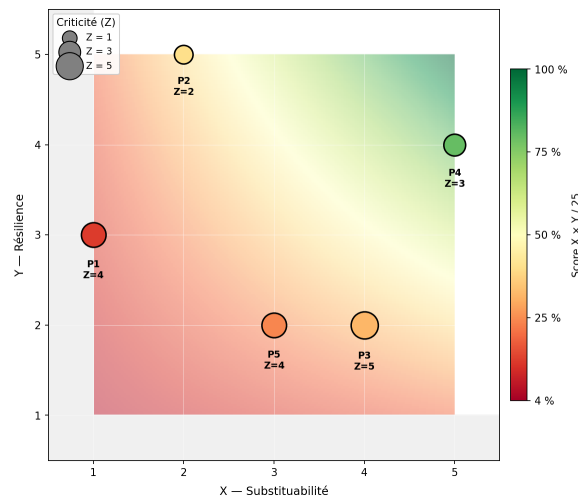


FIGURE 3 : Cartographie des processus ($X \times Y$).

La lecture conjointe des deux figures montre où agir : P1 (gros cercle rouge, tige basse) est le processus le plus exposé — critique ($Z = 4$), peu substituable ($X = 1$) et moyennement résilient ($Y = 3$). P3, malgré une bonne substituabilité, souffre d'une

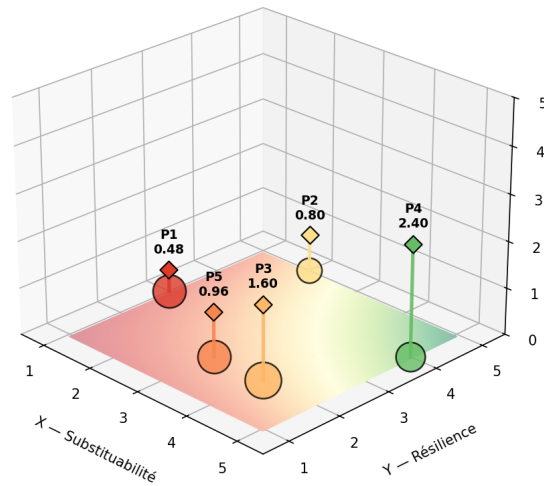


FIGURE 4 : Score IRON par processus ($Z \times X \times Y/25$).

résilience faible ($Y = 2$) qui limite sa contribution. Son profil détaillé révèle la mécanique : supposons que ses quatre familles de résilience soient $C = 4$, $A = 2$, $B = 2$, $D = 3$ — le maillon faible est le minimum des quatre ($Y = \min(4, 2, 2, 3) = 2$). Les familles A et B sont les freins : c'est là que l'effort doit porter. Améliorer la protection (famille C, déjà correcte) n'aurait aucun effet sur le score. P4, en revanche, illustre un processus bien maîtrisé : sa tige haute montre qu'il tire le score vers le haut.

La priorité d'action se dessine : améliorer la résilience (Y) des services supportant P1 et P3, ou chercher des alternatives (X) pour P1.

8 Propriétés utiles au praticien

Le modèle IRON possède plusieurs propriétés structurelles qui simplifient l'évaluation et orientent l'action. Elles ne résultent pas de choix de conception ad hoc, mais découlent de la structure même du modèle. Leur développement formel est présenté dans [\(PECCINI 2026\)](#).

8.1 Pas de calibrage sectoriel

IRON ne requiert aucun paramètre sectoriel : ni pondération par secteur d'activité, ni seuil ad hoc, ni coefficient d'ajustement. La spécificité sectorielle émerge naturellement des réponses aux arbres de décision : un hôpital a des processus à fort impact réglementaire (Z élevé sur Reg), une usine automatisée a des opérateurs qui ne savent plus faire manuellement (X bas), une collectivité a des obligations de continuité de service public (Z élevé sur O). Le modèle est universel ; les réponses sont sectorielles.

8.2 Factorisation de l'évaluation

La structure du modèle permet de réduire considérablement l'effort d'évaluation sans perte de précision.

Factorisation de Y par service numérique

X et Z sont des propriétés du **processus métier** : chaque processus a sa propre **substituabilité fonctionnelle** et son propre impact. Mais Y est une propriété du **service numérique** : la résilience d'un service ne dépend pas du processus qui l'utilise. Le principe de factorisation décrit en section [5](#) réduit considérablement l'effort d'évaluation : une seule évaluation Y par service bénéficie à tous les processus qui en dépendent.

Priorisation par Z

La formule montre que les processus à Z_i faible pèsent peu dans le score. La priorité d'évaluation est donc donnée aux processus à **criticité métier** élevée. On peut obtenir un IRON fiable en évaluant X et Y sur une fraction des processus : ceux dont la criticité Z est la plus élevée.

L'effet de levier de la criticité

Le principe de Pareto s'applique naturellement : dans la plupart des organisations, une minorité de processus concentre la majorité du poids dans le score IRON.

Soit une organisation de 10 processus : 1 à $Z = 5$, 2 à $Z = 4$, 2 à $Z = 3$, 2 à $Z = 2$ et 3 à $Z = 1$. La somme des criticités vaut $\sum Z_i = 26$, dont les 3 processus les plus critiques

($Z \geq 4$) totalisent 13 — exactement la moitié du poids total. Partons d'un état initial où tous les processus ont $X_i = 1$ et $Y_i = 1$ ($\text{IRON}_0 = 4\%$). Si on améliore 3 processus à $X = 5$ et $Y = 5$:



Stratégie A — cibler les 3 plus critiques ($Z = 5, 4, 4$) : $\text{IRON}_A \approx 52\%$.


Stratégie B — cibler les 3 moins critiques ($Z = 1, 1, 1$) : $\text{IRON}_B \approx 15\%$.

Le même effort améliore la robustesse réelle bien davantage dans la stratégie A, et le score IRON le reflète. La pondération par Z oriente naturellement l'effort vers les processus critiques.

Évaluation progressive

Les mécanismes précédents se combinent en une démarche progressive :

1. inventaire des  [processus métier](#) et de leurs  [service numériques](#) ;
2. évaluation rapide de Z pour tous les processus (9 questions par processus) ;
3. identification des services numériques critiques (ceux supportant les processus à Z_i élevé) ;
4. évaluation X et Y des processus et services critiques ;
5. calcul d'un IRON partiel — déjà exploitable ;
6. extension progressive aux processus restants.

À chaque étape, l'organisation dispose d'un score exploitable dont la précision augmente. Il n'est pas nécessaire d'attendre l'évaluation complète pour agir. La démarche opérationnelle (partie  [III](#)) formalise cette progression.

8.3 Pourquoi les échelles commencent à 1

Le taux de maîtrise est un produit : $R = X \times Y/25$. Si l'on autorisait $X = 0$ ou $Y = 0$, le score du processus serait annulé — quel que soit l'autre axe. Un processus non substituable ($X = 0$) mais adossé à un service parfaitement résilient ($Y = 5$) obtiendrait $R = 0$: cela ne reflète pas la réalité, car l'organisation est tout de même protégée tant que la résilience tient.

Avec des échelles commençant à 1, ce même processus obtient $R = 1 \times 5/25 = 20\%$ — un score faible mais non nul, qui traduit une protection réelle mais fragile (un seul rempart). Le plancher de 4% ($X = Y = 1$) signifie que le processus et le service existent, mais qu'aucune mesure de maîtrise n'est en place.

Le produit a aussi une propriété utile : il récompense l'équilibre. Un processus à $X = 2$, $Y = 4$ obtient $R = 32\%$, tandis qu'un processus à $X = 1$, $Y = 5$ obtient seulement $R = 20\%$. À produit comparable, l'organisation qui a investi un cran sur la substituabilité plutôt que de pousser la résilience au maximum est mieux protégée — car elle dispose de deux remparts au lieu d'un seul.

8.4 Scalabilité multi-niveaux

La granularité d'IRON s'adapte à la taille de l'organisation sans modification du modèle :



- une PME (10–50 processus) procède par évaluation directe ;
- une ETI ou grande entreprise (50–200 processus) évalue par lots, en priorisant par Z ;
- un groupe multi-sites calcule un IRON par entité, puis agrège au niveau supérieur avec la même formule.

Le score reste cohérent entre organisations de tailles différentes car la formule normalise : le dénominateur $25 \times \sum Z_i$ s'ajuste automatiquement au nombre et à la criticité des processus. Une PME avec 10 processus bien maîtrisés peut obtenir un meilleur IRON qu'un grand groupe avec 200 processus fragiles.

8.5 Réduction de la subjectivité

IRON ne prétend pas éliminer toute subjectivité : l'évaluation repose sur le jugement d'un évaluateur humain. Mais le modèle réduit structurellement les biais par trois mécanismes.

Le critère M comme anti-déclaratif

La grille $S \times M$ distingue explicitement trois niveaux de  [maturité opérationnelle](#) : théorique (M0), testée (M1), pratiquée (M2). Une organisation qui affirme disposer de  [redondance](#) mais ne l'a jamais testée obtient M0 — un score bas, quel que soit son auto-évaluation. L'écart entre ce qui est déclaré et ce qui est vérifié est capturé structurellement.

Des questions factuelles

Les arbres de décision posent des questions sur des faits observables, pas sur des perceptions : « L'arrêt entraîne-t-il un arrêt de production ? » (axe Z), « Ce sous-composant dispose-t-il d'un équivalent capable de prendre le relais ? » (axe Y). La marge d'interprétation est réduite par rapport à des évaluations de type « notez votre culture de résilience de 1 à 5 ».

Commensurabilité des échelles

Les axes X et Y partagent la même grille $S \times M$: les scores 1–5 ont la même signification dans les deux axes. L'axe Z utilise une construction différente (trois dimensions, pondération non linéaire, somme convertie) mais aboutit à la même échelle 1–5. Le produit $X \times Y$ a donc un sens : il combine deux évaluations sur une échelle commune.

Trois règles de calcul, trois raisons

Le modèle combine trois logiques d'agrégation, chacune à son niveau :



Minimum au sein d'un service (axe Y) : $Y = \min(\text{familles})$. Une seule famille défaillante suffit à rendre le service fragile — comme une chaîne qui casse à son maillon le plus faible. Un service parfaitement redondant ($A = 5$) mais sans protection ($C = 1$) obtient $Y = 1$.

Produit au sein d'un processus : $R = X \times Y / 25$. Un processus sans alternative ($X = 1$) adossé à un service très résilient ($Y = 5$) obtient $R = 20\%$, pas 100%. L'absence d'alternative limite la maîtrise, même quand le service est solide.

Moyenne pondérée entre processus : $\text{IRON} = \sum(Z_i \times R_i) / \sum Z_i$. Les processus sont relativement indépendants : la bonne maîtrise d'un processus ne compense pas la fragilité d'un autre, mais elle contribue positivement à la robustesse globale de l'organisation.

8.6 Limites explicites

Photographie à instant T

IRON produit une photographie de la  [robustesse](#) à un instant donné. Les scores évoluent avec les changements d'architecture, de fournisseurs ou de processus. Le cycle de réévaluation est détaillé en section  [11.5](#).

Reproductibilité inter-évaluateurs

Le modèle réduit la subjectivité, mais ne garantit pas que deux évaluateurs indépendants produisent des scores identiques. Les sources de divergence sont principalement deux : la connaissance des cascades inter-processus (deux évaluateurs avec des connaissances différentes de la chaîne aval attribueront des scores Z différents) et l'appréciation de la maturité M (la frontière entre « testée » et « pratiquée » peut varier). Cette variance est un point de vigilance pour toute utilisation longitudinale : si les scores changent davantage en fonction de l'évaluateur que de l'état réel de l'organisation, le suivi de progression perd son sens.



Auto-évaluation, pas classement

IRON est conçu comme un outil d'auto-évaluation et de suivi de progression, pas comme un classement entre organisations. Deux organisations qui obtiennent le même score ne sont pas « aussi robustes » : elles ont des profils de risque différents, des processus différents, des contextes différents. Le score IRON est un indicateur interne : il identifie les processus où l'effort d'amélioration est le plus rentable et mesure la progression dans le temps.

Troisième partie

La démarche d'évaluation

9 Phase 1 — Inventaire des dépendances



La phase d'inventaire constitue le socle de l'évaluation IRON. Elle produit trois livrables — liste des  [processus métier](#), cartographie des  [service numériques](#), matrice de dépendance — sans lesquels l'évaluation des axes X, Y et Z ne peut pas être conduite.

9.1 Approche retenue

La démarche emprunte à l'analyse d'impact métier (BIA) sa logique : identifier les activités métier, les activités de support, les ressources dont elles dépendent. Elle s'en écarte sur deux points : elle ne requiert pas d'analyse temporelle (MTPD, RTO) — c'est la phase 2 qui évalue la maîtrise du risque numérique — et elle structure les processus en trois catégories (pilotage, réalisation, support) pour garantir la complétude de l'inventaire.

Les organisations disposant déjà d'une cartographie des processus (ISO 9001), d'un BIA (ISO 22301), d'une architecture d'entreprise (TOGAF/ArchiMate) ou d'un catalogue de services (ITIL 4) peuvent réutiliser leurs livrables existants et compléter les éléments manquants.

9.2 Progressivité

L'inventaire complet n'est pas un préalable. Toute organisation sait intuitivement quels processus sont vitaux : la paie, la facturation, la production, l'accueil des usagers. Commencer par eux est non seulement acceptable, mais optimal : la formule IRON est une moyenne pondérée par la  [criticité métier](#) Z , et les processus à Z élevé dominent le score. Évaluer d'abord les processus critiques produit rapidement un score représentatif (voir les propriétés en section  8).

La démarche peut être conduite en trois paliers :

Palier pilote 1 à 2 processus, choisis librement. S'exercer à la démarche et se familiariser avec les livrables. Le score IRON n'est pas représentatif — c'est un exercice d'apprentissage. Effort : une demi-journée.

Processus critiques Les processus dont l'arrêt serait inacceptable. Produire un premier score IRON significatif et engager la remédiation. La pondération par Z fait que ces processus dominent le score — le résultat est déjà représentatif.

Périmètre complet Tous les processus du périmètre organisationnel. Affiner le score, identifier les fragilités dans les processus secondaires, disposer d'une vue exhaustive.

Chaque palier enrichit le score sans invalider les résultats du palier précédent — c'est une propriété de la moyenne pondérée par Z .

9.3 Prérequis

L'inventaire ne peut démarrer qu'une fois deux conditions réunies : une décision de direction (engagement formel à conduire l'évaluation IRON sur un périmètre défini) et l'identification du périmètre organisationnel (entités, sites ou fonctions inclus).

9.4 Identifier les processus métier — livrable 1

Point de départ : les processus vitaux

Commencer par les processus dont l'arrêt serait inacceptable. La question déclenchante est : « *Si ce processus s'arrête demain, l'organisation est-elle en danger immédiatement ?* ». Les réponses évidentes constituent le premier lot : la paie, la facturation, la chaîne de production, l'accueil des usagers.

Structurer pour ne rien oublier

Trois catégories de processus servent de filtre de vérification : si une catégorie est vide, c'est un signal d'oubli.

Pilotage Orienter et coordonner l'organisation (stratégie, planification, direction générale).

Réalisation Produire la valeur pour les clients ou usagers (production, vente, service client, soins).

Support Fournir les ressources nécessaires aux autres processus (paie, comptabilité, informatique, RH, juridique).

Ces trois catégories sont issues de la théorie des organisations ([PECCINI 2026](#)) ; l'organisation n'a pas besoin de la connaître — elle emprunte simplement la structure comme grille de contrôle.

Granularité

Deux critères guident le découpage :

- **Un processus, un propriétaire.** Si la responsabilité est partagée entre deux personnes distinctes, scinder en deux processus.
- **Un processus, un profil Z homogène.** Si une partie du processus aurait une criticité nettement différente d'une autre, scinder. Le test est simple : « *l'arrêt de toutes les activités de ce processus a-t-il le même niveau de gravité ?* ». Si la réponse est non, le processus est trop large.

Un processus « gestion administrative » qui regroupe la paie ($Z = 5$) et la gestion des fournitures ($Z = 1$) doit être scindé — sinon le score Z masque la criticité réelle. Si l'hétérogénéité est découverte en cours de phase 2 (lors de l'évaluation de l'axe Z), scinder le processus à ce stade et reprendre l'évaluation des axes X et Y pour les sous-processus résultants. Ce retour en arrière est normal : il traduit un affinement de la connaissance.

Attributs et format de sortie


Pour chaque processus, recueillir : le propriétaire (responsable métier qui conduira l'évaluation X et Z), le périmètre (description succincte des activités couvertes), les processus amont et aval (pour l'analyse des cascades de l'axe Z). Un entretien de 30 minutes par processus suffit en général.

TABLE 8 : Modèle du livrable 1 — Liste des processus métier.

ID	Processus	Propriétaire	Périmètre	Proc. amont	Proc. aval
P01	Facturation clients	Dir. financière	Émission et suivi des factures	P02	Trésorerie
P02	Gestion commerciale	Dir. commerciale	Devis, commandes, suivi	—	P01

9.5 Cartographier les services numériques — livrable 2

Pour chaque processus du livrable 1, poser la question au responsable métier : « *Quels outils numériques utilisez-vous au quotidien pour ce processus ?* ». Le point de départ est le métier, pas la technique : c'est l'utilisateur qui sait de quels outils il dépend. La DSI complète ensuite avec les informations techniques.

Pour chaque  [service numérique](#) identifié, recueillir : le type (interne, SaaS, hybride), le ou les fournisseurs, les composants principaux (serveur, base de données, réseau, stockage) et le responsable technique. Le type oriente l'évaluation : un service SaaS ne se diversifie pas de la même manière qu'un service hébergé en interne (famille B). Les composants préparent l'évaluation des sous-composants par famille (A, B, C, D).

9.6 Construire la matrice de dépendance — livrable 3

Pour chaque processus du livrable 1, identifier les services du livrable 2 qu'il utilise. Un même service peut apparaître plusieurs fois s'il est mutualisé entre plusieurs processus.

Pour chaque couple (processus, service), identifier les dimensions CIA sollicitées. La disponibilité est sollicitée par défaut. L'intégrité se teste : « *si les données produites par ce service étaient altérées sans qu'on s'en aperçoive, les conséquences seraient-elles graves ?* ».

TABLE 9 : Modèle du livrable 2 — Cartographie des services numériques.

ID	Service	Type	Fournisseur(s)	Composants principaux	Resp. technique
S01	ERP (facturation)	Interne	Éditeur X, hébergé sur site	Serveur applicatif, base Oracle, réseau LAN	DSI
S02	Messagerie	SaaS	Microsoft	Microsoft 365, réseau Internet	DSI


La confidentialité se teste : « *si les données manipulées dans le cadre de ce processus étaient divulguées, y aurait-il un préjudice ?* ». Ce croisement prépare la  [recontextualisation](#) de l'axe Y : un même service peut être sollicité en disponibilité seule par un processus et en disponibilité, intégrité et confidentialité par un autre.

TABLE 10 : Modèle du livrable 3 — Matrice de dépendance.

ID Proc.	ID Serv.	Usage	Dimensions CIA
P01	S01	Saisie et émission des factures	Disponibilité, Intégrité
P01	S02	Envoi des factures par courriel	Disponibilité
P02	S01	Suivi des commandes	Disponibilité

Contrôle de complétude

Avant de passer à la phase 2 : tout processus du livrable 1 apparaît-il au moins une fois dans le livrable 3 ? Tout service du livrable 2 est-il rattaché à au moins un processus ? Un service orphelin signale un processus manquant ou un service non utilisé. Vérifier aussi les processus de support (informatique, maintenance) dont la défaillance affecterait indirectement plusieurs processus de réalisation — un service partagé via un processus de support crée une dépendance indirecte invisible dans la matrice.

10 Phase 2 — Évaluation

L'évaluation porte sur chaque couple (processus métier, service numérique) identifié dans la matrice de dépendance issue de la phase 1 (section 9). Pour chaque couple, trois axes sont évalués indépendamment : la **substituabilité fonctionnelle** (X), la **résilience** (Y) et la **criticité métier** (Z).

L'ordre d'évaluation recommandé est : axe X d'abord (il mobilise le responsable métier seul dans la plupart des cas), axe Y ensuite (il mobilise les profils techniques), axe Z en dernier (il requiert une vision transverse incluant les cascades inter-processus). Cet ordre n'est pas impératif : les axes sont indépendants et peuvent être évalués en parallèle si les ressources le permettent.

10.1 Matrice RACI

Le tableau 11 présente la répartition des responsabilités par bloc d'évaluation. Dans une PME ou une petite collectivité, plusieurs rôles sont assumés par la même personne : le dirigeant cumule typiquement direction, juridique et communication ; le responsable informatique cumule DSI, architecte SI et RSSI. La règle est simple : chaque rôle du tableau doit être attribué à une personne identifiée. Si une personne porte plusieurs rôles, elle répond aux questions correspondantes en changeant de perspective.

TABLE 11 : Matrice RACI de l'évaluation IRON.

Bloc	Mét.	DSI	Arch.	RSSI	Dir.	Jur.	RH	Com.
X (alt. non num.)	R	C	—	—	—	—	—	—
X (alt. numérique)	R	R	C	—	—	—	—	—
Y-A Redondance	—	R	—	C	—	—	—	—
Y-B Diversification	—	—	R	—	—	C	C	—
Y-C Protection	—	C	C	R	—	—	—	—
Y-D Rapidité	—	R	—	R	—	—	C	—
Y recontextual.	R	C	—	—	—	—	—	—
Z-O Opérationnel	R	—	—	—	A	—	—	—
Z-Reg Réglementaire	C	—	—	—	A	R	—	—
Z-Rep Réputationnel	C	—	—	—	R	—	—	C
Z cascades	R	—	—	—	—	—	—	—

R = Réalise A = Valide C = Consulté.

10.2 Conduite de l'axe X

Le modèle de l'axe X est décrit en section 4 : niveaux S0–S3, maturité M0–M2, grille $S \times M$, arbre de décision. La conduite opérationnelle ajoute trois points.

Qualification M par logique descendante

L'évaluation de la **maturité opérationnelle** descend du plus mature au moins mature : on cherche d'abord si l'alternative est pratiquée (M2), puis testée (M1) ; à défaut, elle est théorique (M0). Cette logique descendante réduit le biais optimiste : affirmer qu'une alternative est « testée » alors qu'on ne peut pas citer la date du dernier test est un signal clair de surévaluation.

Alternatives partagées entre processus

Lorsqu'une alternative est partagée entre plusieurs processus, vérifier sa capacité d'absorption en cas de sollicitation simultanée. Si la capacité est dépassée, réduire le niveau S au niveau réellement tenable sous charge simultanée. Le principe conservateur s'applique : en cas de doute sur la capacité, retenir le score le plus bas.

Désaccords entre évaluateurs

En cas de désaccord entre le responsable métier et la DSI sur le niveau S ou M, retenir l'évaluation la plus basse. Ce principe conservateur est cohérent avec celui appliqué aux cascades Z.

Exemples

TABLE 12 : Exemples d'évaluation de l'axe X.

Situation	S	M	X
Facturation d'un cabinet comptable — logiciel métier unique, aucune alternative.	S0	—	1
Dossier patient informatisé d'un hôpital — retour au papier prévu dans le PCA, formulaires jamais imprimés, personnel non formé.	S1	M0	1
Accueil usagers d'une collectivité — formulaire papier testé lors du dernier exercice de crise, service dégradé mais tenable.	S2	M1	3
Caisse d'une boulangerie artisanale — logiciel de caisse + caisse manuelle pratiquée chaque jour de marché.	S3	M2	5
ERP d'une PME industrielle — basculement prévu vers un ERP SaaS concurrent, testé une fois il y a un an.	S3	M1	4

Sortie attendue : pour chaque couple (processus, service), un score X entre 1 et 5, accompagné de la trace des niveaux S et M retenus, de l'alternative identifiée et de la justification factuelle.

10.3 Conduite de l'axe Y

Le modèle de l'axe Y est décrit en section 5 : quatre familles, arbres de décision, matrice CIA, agrégation par [maillon faible](#). La conduite opérationnelle ajoute trois points.

Format de sortie détaillé

L'axe Y produit deux niveaux de sortie : un tableau par service (scores par sous-composant et par famille, le minimum déterminant le score Y) et une table de recontextualisation par couple (processus, service).

Recontextualisation

Un [service numérique](#) partagé entre plusieurs [processus métier](#) fait l'objet d'une [recontextualisation](#). Le score Y de base est réévalué dans le contexte de chaque processus en quatre étapes :

1. Reprendre les dimensions [CIA](#) du livrable 3.
2. Filtrer les sous-composants : exclure ceux qui concernent exclusivement une dimension non sollicitée par ce processus.
3. Vérifier la pertinence des scores restants dans le contexte de ce processus.
4. Recalculer le minimum (intra-famille puis inter-familles) sur les seuls sous-composants conservés.

Le score recontextualisé peut être *supérieur* au score de base : exclure un sous-composant qui constituait le maillon faible fait remonter le minimum. Il ne peut jamais être inférieur.

Exemples

Un ERP obtient un score Y de base de 2, plafonné par le chiffrage des sauvegardes (famille C, score 2). Le processus « facturation » sollicite la disponibilité et l'intégrité, mais pas la confidentialité : le chiffrage sort du périmètre, le maillon faible devient la réplication du stockage (famille A, score 3). Y recontextualisé = 3. Le processus « gestion RH » sollicite les trois dimensions : le chiffrage reste dans le périmètre, Y recontextualisé = 2.

Sortie attendue : pour chaque couple, un score Y entre 1 et 5, accompagné des scores par famille (A, B, C, D) et par sous-composant, ainsi que de la trace de la recontextualisation.

10.4 Conduite de l'axe Z

Le modèle de l'axe Z est décrit en section [6](#) : trois dimensions O/Reg/Rep, pondération non linéaire, table de conversion, arbres de décision. La conduite opérationnelle ajoute deux points.

Cascades inter-processus

L'évaluateur ne doit pas considérer le processus en vase clos. Les responsables des processus aval sont consultés (C) pour l'évaluation du processus amont. Deux règles opérationnelles :

- **Règle d'arrêt.** Considérer les processus aval directs (identifiés dans le livrable 1). Ne remonter au-delà que si une chaîne critique évidente apparaît. En pratique, deux niveaux de cascade suffisent.
- **Principe conservateur.** En cas de désaccord entre le propriétaire du processus amont et celui d'un processus aval sur le niveau d'impact, retenir l'évaluation la plus élevée.

Exemples

TABLE 13 : Exemples d'évaluation de l'axe Z.

Situation	O	Reg	Rep	Z_{brut}	Z
Système de réservation d'une compagnie aérienne — arrêt = plus de vente, d'enregistrement, d'embarquement.	10	1	4	15	5
Traçabilité médicaments d'un hôpital — infraction pharmaceutique, sanctions possibles.	4	4	1	9	4
Reporting interne d'une PME — gêne mineure, pas de conséquence externe.	1	0	0	1	2

Sortie attendue : pour chaque processus métier, un score Z entre 1 et 5, accompagné des poids O, Reg et Rep et de la description des cascades identifiées.

10.5 Interprétation du score IRON

Une fois les trois axes évalués, le score IRON se calcule selon la formule de la section [7](#) : moyenne pondérée des taux de maîtrise ($X \times Y/25$) par la criticité Z. Le résultat est un pourcentage entre 4 % et 100 %.

Ces zones sont indicatives : elles seront affinées par les retours des premières évaluations. Elles ne doivent pas être utilisées pour des décisions binaires (certification, éligibilité

TABLE 14 : Grille provisoire d'interprétation du score IRON.

Score IRON	Zone	Interprétation indicative
4–20 %	Fragilité critique	La majorité des processus critiques sont exposés ; une perturbation numérique met en cause la pérennité.
20–40 %	Fragilité significative	Des leviers existent mais restent insuffisamment activés ; les processus les plus critiques manquent de maîtrise.
40–70 %	Robustesse en progression	Les processus critiques commencent à être maîtrisés ; l'effort doit se poursuivre sur les services à <i>Y</i> faible.
70–100 %	Robustesse avancée	Maîtrise étendue ; l'enjeu est le maintien dans le temps et la vigilance sur les évolutions d'architecture.

contractuelle). Le score IRON agrégé ne doit jamais être interprété seul — il doit être lu conjointement avec les profils détaillés par axe (section [7](#)).

11 Phase 3 — Analyse et préparation à la remédiation

La phase d'analyse transforme les scores bruts de la phase 2 en priorités d'action. Elle opère en deux temps : catégorisation par zone (rouge, orange, vert) puis analyse fine (leviers d'action, fiches de remédiation).

La catégorisation par zone est le livrable principal. Le score IRON global est un indicateur de suivi : il mesure la progression dans le temps, mais ne remplace pas l'analyse par zone. L'ensemble du calcul constitue une aide à la décision : les zones traduisent un modèle mathématique qui ne prétend pas capturer toute la réalité organisationnelle. Il est admissible qu'une organisation surclasse un couple de la zone orange vers la zone rouge si des facteurs non captés le justifient. L'inverse — déclasser un couple vers une zone moins critique — est à proscrire.

11.1 Catégorisation par zone

Niveau de maîtrise

Le taux de maîtrise $R_i = X_i \times Y_i/25$ (section [7](#)) est converti en niveau discret N sur une échelle de 1 à 5. Les seuils exploitent les ruptures naturelles de la distribution des produits $X \times Y$:

TABLE 15 : Conversion du taux de maîtrise en niveau N .

N	R_i	Produits $X \times Y$	Interprétation
1	$\leq 0,12$	1, 2, 3	Maîtrise minimale : au moins un axe à 1, l'autre à 3 au plus.
2	0,16–0,24	4, 5, 6	Maîtrise partielle : un axe à 1 compensé par un axe ≥ 4 , ou les deux axes à 2–3.
3	0,32–0,48	8, 9, 10, 12	Maîtrise modérée : les deux axes au moins à 2, produit intermédiaire.
4	0,60–0,64	15, 16	Maîtrise élevée : les deux axes à 4, ou l'un à 3 et l'autre à 5.
5	0,80–1,00	20, 25	Maîtrise étendue : les deux axes ≥ 4 , dont au moins un à 5.

Le tableau [16](#) donne la correspondance directe $(X, Y) \rightarrow N$, sans calcul intermédiaire.

Affectation aux zones

La zone est déterminée par l'écart $\Delta = Z - N$ entre la criticité du processus et le niveau de maîtrise du couple :

- **Zone verte** ($\Delta \leq -1$) : la maîtrise dépasse la criticité. Le couple est couvert.

TABLE 16 : Grille de correspondance $(X, Y) \rightarrow N$.

	$Y = 1$	$Y = 2$	$Y = 3$	$Y = 4$	$Y = 5$
$X = 1$	1	1	1	2	2
$X = 2$	1	2	2	3	3
$X = 3$	1	2	3	3	4
$X = 4$	2	3	3	4	5
$X = 5$	2	3	4	5	5

- **Zone orange** ($\Delta \in \{0, 1\}$) : la maîtrise est au niveau de la criticité ou légèrement en dessous. Vigilance requise.
- **Zone rouge** ($\Delta \geq 2$) : la criticité dépasse significativement la maîtrise. Action prioritaire.

TABLE 17 : Grille d'affectation aux zones ($N \times Z$).

	$Z = 1$	$Z = 2$	$Z = 3$	$Z = 4$	$Z = 5$
$N = 5$	V	V	V	V	O
$N = 4$	V	V	V	O	O
$N = 3$	V	V	O	O	R
$N = 2$	V	O	O	R	R
$N = 1$	O	O	R	R	R

V = Vert (10 cellules) O = Orange (9 cellules) R = Rouge (6 cellules).

Correspondance avec *Voyage vers la robustesse*

Le modèle IRON étend la matrice qualitative 3×3 de *Voyage vers la robustesse* en une grille quantitative 5×5 . La spirale VVR (rouge \rightarrow orange \rightarrow vert) correspond aux zones IRON : les couples en zone rouge sont traités en priorité (sécurisation), puis les orange (optimisation), puis les verts (expérimentation). Les organisations ayant déjà conduit une évaluation VVR peuvent reporter leurs résultats dans la grille IRON : un processus classé « critique » en VVR correspond typiquement à un $Z \geq 4$ en IRON ; un processus classé « non critique » correspond à $Z \leq 2$.

Deux couples classés dans la même zone peuvent avoir des profils d'action radicalement différents. Un couple $(X = 1, Y = 5)$ et un couple $(X = 5, Y = 1)$ obtiennent le même N et la même zone, mais le premier a un levier évident sur X, le second sur Y. La zone indique l'urgence ; les scores X et Y séparés indiquent la direction.

Fil rouge — Catégorisation par zone

Application de la grille $(X, Y) \rightarrow N$ (tableau 16) puis de l'écart $\Delta = Z - N$:

Couple	$X \times Y$	N	Z	Δ	Zone
P01/S01	$3 \times 2 = 6$	2	5	+3	Rouge
P01/S02	$1 \times 3 = 3$	1	5	+4	Rouge
P02/S01	$4 \times 2 = 8$	3	4	+1	Orange

Deux couples en zone rouge, un en zone orange. Le couple P01/S02 illustre la limite de la compensation par Y : malgré un score de résilience correct ($Y = 3$), l'absence totale d'alternative ($X = 1$) maintient N au minimum. Le couple P02/S01 échappe au rouge grâce à son CRM de secours ($X = 4$), qui relève N à 3 malgré un Y faible.

11.2 Identification des leviers

Pour chaque couple prioritaire (zone rouge d'abord, puis orange par Z décroissant), l'analyste identifie le levier d'action : renforcer Y (résilience du service), renforcer X (alternatives au service) ou les deux.

Séquencement Y puis X

Les axes X et Y contribuent symétriquement au taux de maîtrise, mais leur temporalité diffère. **Y protège le court terme** : renforcer la résilience d'un service réduit le risque de défaillance pour tous les processus qui en dépendent ; l'action est souvent technique et ses effets sont immédiats. **X protège le moyen terme** : créer ou fiabiliser une alternative réduit la dépendance structurelle ; l'action est souvent organisationnelle et ses effets sont progressifs. L'ordre recommandé : renforcer Y d'abord pour protéger l'organisation pendant que les alternatives X sont construites.



Procédure d'arbitrage

Pour chaque couple prioritaire :

1. **Examiner le profil (X, Y) .** Un couple ($X = 1, Y = 3$) a un levier évident sur X ; un couple ($X = 3, Y = 1$) sur Y . Un couple ($X = 2, Y = 2$) a les deux leviers ouverts.
2. **Diagnostiquer le maillon faible de Y .** Les scores par famille (A, B, C, D) et par sous-composant identifient le point de fragilité.
3. **Vérifier la faisabilité de X .** Trois cas : alternative existante à fiabiliser (effort sur M), alternative non fonctionnelle (effort sur S), aucune alternative (conception — le cas le plus coûteux).

4. **Arbitrer selon Z.** La dépense en remédiation doit rester proportionnée à la criticité.

Effet de factorisation

Un même  [service numérique](#) supporte souvent plusieurs  [processus métier](#). Renforcer la résilience d'un service améliore le taux de maîtrise de tous les couples qui en dépendent. Cette factorisation donne à Y un effet de levier supérieur à X lorsqu'un service est partagé.

Fil rouge — Leviers d'action

Par priorité décroissante (rouge à Z maximal d'abord, puis orange) :

P01/S02 (rouge, $\Delta = +4$). $X = 1, Y = 3$: le levier est sur X. Aucune alternative n'existe — il faut en concevoir une (portail client, envoi postal automatisé). Effort élevé, mais $Z = 5$ le justifie. En parallèle, renforcer Y de S02 (famille B, diversification fournisseur) protège le court terme.

P01/S01 (rouge, $\Delta = +3$). $X = 3, Y = 2$: le levier prioritaire est sur Y. Le maillon faible est le stockage de S01 (famille A, S0). Passer la réplication de S0 à S2 ou S3 améliore Y pour ce couple *et* pour P02/S01 (factorisation). En parallèle, fiabiliser l'alternative papier ($X = 3 \rightarrow 4$: passage de M1 à M2 par un test semestriel).

P02/S01 (orange, $\Delta = +1$). $X = 4, Y = 2$: le levier est sur Y. La même action sur le stockage de S01 bénéficie à ce couple par factorisation.

Factorisation. Une seule action sur la résilience de S01 (famille A) améliore Y pour deux des trois couples : c'est le levier au meilleur rapport coût/bénéfice de ce périmètre.

11.3 Concentrations d'alternatives partagées

Lorsque plusieurs processus partagent la même alternative (évaluée par X), la capacité de substitution est évaluée processus par processus, mais la disponibilité simultanée n'est inscrite nulle part dans les scores. La phase 3, qui dispose de l'ensemble des livrables, joue un rôle de filet de sécurité :

1. Regrouper les alternatives partagées à partir du livrable X de phase 2.
2. Évaluer la charge simultanée : la capacité est-elle suffisante en cas de sollicitation simultanée de tous les processus ?
3. Signaler les profils X-dominants ($X > Y$) en zone orange ou rouge : vérifier que leurs alternatives ne sont pas partagées.

Ce travail révèle la topologie de la robustesse : une organisation dont la maîtrise repose sur Y pratique une robustesse distribuée ; une organisation dont la maîtrise repose sur X pratique potentiellement une robustesse centralisée, fragile sous charge simultanée.

11.4 Fiches de remédiation

Pour chaque couple prioritaire, produire une fiche structurée :

TABLE 18 : Modèle de fiche de remédiation.



Champ	Contenu
Couple	Identifiants du processus et du service.
Zone	Rouge, orange ou vert (avec mention du surclassement éventuel).
Scores actuels	X, Y, Z, N, R_i .
Maillon faible Y	Famille et sous-composant limitant le score Y.
Alternative X	Alternative identifiée (ou « aucune »), niveaux S et M actuels.
Levier retenu	Y, X ou les deux, avec justification.
Action	Description de l'action de remédiation.
Cible	Scores X et Y visés après remédiation, niveau N cible et zone cible.
Effort estimé	Charge, délai, coût (ordre de grandeur).
Gain attendu	Variation de R_i et impact estimé sur le score IRON.


Les fiches sont produites par couple, mais regroupées par service lorsque le levier retenu est Y : une action de résilience sur un service produit une fiche unique pour tous les processus qui en dépendent.

Fil rouge — Fiche de remédiation — P01/S01

Champ	Contenu
Couple	P01 (Facturation clients) / S01 (ERP)
Zone	Rouge ($\Delta = +3$)
Scores actuels	$X = 3, Y = 2, Z = 5, N = 2, R_i = 0,24$
Maillon faible Y	Famille A / Stockage = S0 (disque unique, pas de réplication)
Alternative X	Formulaires papier (S2, M1). Testée en exercice de crise 2025.
Levier retenu	Y d'abord (factorisation S01), puis X en parallèle
Actions	1. Mettre en place la réplication du stockage (A/Stockage : S0 \rightarrow S2). 2. Planifier un test semestriel de l'alternative papier (M1 \rightarrow M2).
Cible	$Y = 4, X = 4 \rightarrow N = 4, \Delta = 1 \rightarrow$ zone orange
Effort estimé	Réplication : 2 semaines DSI, coût matériel modéré. Test semestriel : 1 jour par semestre.
Gain attendu	$R_i : 0,24 \rightarrow 0,64$. Factorisation : P02/S01 bénéficie aussi de l'amélioration de Y sur S01.

11.5 Cycle de réévaluation

IRON produit une photographie de la  [robustesse](#) à un instant donné. Plutôt qu'une fréquence fixe, le modèle se prête à une réévaluation par événement : ajout ou retrait d'un  [service numérique](#), changement organisationnel majeur, modification d'architecture, incident significatif. Seuls les processus et services affectés sont réévalués ; le score IRON global se met à jour automatiquement.

L'intégration dans les cycles existants (revue de direction, audit ISO, obligations DORA) est recommandée. Un point de vigilance : l'érosion silencieuse de la  [maturité opérationnelle](#) (test de reprise non refait depuis deux ans, personnel formé parti, procédure manuelle tombée en désuétude). Une vérification périodique des niveaux M — distincte de la réévaluation complète — est recommandée, par exemple lors de la revue de direction annuelle.

A Cas rétrospectifs

Pour illustrer la mécanique du modèle, cette annexe applique IRON à quatre incidents documentés, présentés en introduction (section [1](#)). Chacun met en lumière un mécanisme différent : la diversification absente, la redondance absente, la concentration et la lenteur de rétablissement, et la substituabilité comme filet de sécurité. La validation formelle du modèle est développée dans ([PECCINI 2026](#)). Les scores attribués sont des estimations rétrospectives fondées sur les informations publiquement disponibles, sans connaissance approfondie des organisations concernées. Ils illustrent la mécanique du modèle, pas une évaluation validée.

A.1 CrowdStrike, juillet 2024 — la diversification absente

Pour Delta Air Lines, le processus de réservation et d'embarquement dépendait d'un service numérique fonctionnant sur un système d'exploitation unique (Windows) avec un agent de sécurité unique (Falcon).

- $X = 1$: aucune alternative au service numérique de réservation.
- $Y = 1$: la famille B ([diversification](#)) obtient un score de 1 (mono-OS, mono-agent), et $Y = \min(\text{familles})$.
- $Z = 5$: impact existentiel (500 millions de dollars de pertes, flotte clouée au sol).

Le taux de maîtrise vaut $R = 1 \times 1/25 = 4\%$ — le minimum possible. Ce résultat est cohérent avec l'impact observé. *Contre-exemple* : une compagnie exploitant une flotte mixte Linux/Windows, avec des agents de sécurité de fournisseurs différents, aurait obtenu $B \geq 3$. Son score Y aurait été supérieur, et l'incident n'aurait touché qu'une fraction de ses systèmes. La famille B capture exactement ce mécanisme.

A.2 OVHcloud Strasbourg, mars 2021 — la redondance absente

Pour les organisations hébergées sur SBG2 sans sauvegarde externalisée :

- $X = 1$: aucune alternative au service hébergé.
- $Y = 1$: la famille A ([redondance](#)) obtient un score de 1 (aucune sauvegarde hors site, aucun site de repli), et $Y = \min(\text{familles})$.
- Z variable, mais élevé pour les organisations ayant perdu des données définitivement.

Le modèle identifie correctement le point de défaillance : c'est l'absence de redondance (famille A) qui a rendu la destruction physique irréversible. Les organisations disposant de sauvegardes externalisées ($A \geq 3$) ont restauré leurs données en quelques jours.

A.3 NIRS Daejeon, septembre 2025 — la concentration et la lenteur

Pour les services gouvernementaux hébergés sur le site unique de Daejeon :

- $X = 1$: aucun basculement automatique, aucune alternative opérationnelle.
- $Y = 1$: la famille A obtient un score de 1 (concentration sur un site unique), la famille D (**■**[rapidité de rétablissement](#)) obtient un score de 1 (plus de quatre semaines de rétablissement), et $Y = \min(\text{familles})$.
- $Z = 5$: services gouvernementaux critiques (services postaux, vérification d'identité, géolocalisation des appels d'urgence).

Le taux de maîtrise vaut $R = 4\%$. Deux familles défaillantes simultanément (A et D) confirment le principe du **■**[maillon faible](#) : même si les familles B et C avaient été excellentes, le score Y resterait à 1.

A.4 Municipalité suédoise, 2021 — la substituabilité comme filet de sécurité

Holmström et Große documentent le cas d'une municipalité suédoise frappée par un rançongiciel ([HOLMSTRÖM et GROSSE 2025](#)). Les systèmes numériques sont paralysés, mais la municipalité maintient ses services : elle avait conservé des procédures papier alternatives, connues des équipes mais non exercées en routine.

- $X = 4$: le processus peut continuer sans le numérique (oui), à quel niveau de service (équivalent, S3), l'alternative est-elle pratiquée (connue et disponible mais non exercée régulièrement, M1). D'où $S3/M1 = 4$.
- $Y = 1$: le rançongiciel a réussi, la **■**[protection](#) (famille C) et la rapidité de rétablissement (famille D) étaient insuffisantes.
- $Z = 4$: services publics avec obligations de continuité.

Le taux de maîtrise vaut $R = 4 \times 1/25 = 16\%$ — quatre fois supérieur au cas CrowdStrike, malgré une résilience technique tout aussi faible. La différence tient entièrement à la **■**[substituabilité fonctionnelle](#) : l'axe X a compensé la défaillance de l'axe Y . C'est exactement la logique du produit $X \times Y$: deux dimensions indépendantes, dont chacune peut atténuer les conséquences d'une faiblesse de l'autre.

Contre-exemple : sans les procédures papier, la municipalité se serait trouvée dans la même situation que Delta Air Lines — $X = 1, Y = 1, R = 4\%$. L'écart ($R = 16\%$ contre $R = 4\%$) tient à un seul axe : la substituabilité. Ce cas illustre la thèse centrale d'IRON : la **■**[robustesse](#) d'une organisation ne dépend pas seulement de la résilience de ses services numériques, mais aussi de sa capacité à fonctionner sans eux.

Glossaire

- criticité métier** Mesure de l'impact qu'aurait l'arrêt d'un processus métier sur la pérennité de l'organisation, évaluée selon trois dimensions : opérationnelle, réglementaire et réputationnelle. 10, 17, 32, 36, 41, 45
- diversification** Famille de solutions (B) consistant à utiliser des composants de nature ou d'origine différente pour éviter les défaillances de mode commun. 23, 56
- maillon faible** Principe d'agrégation selon lequel la fragilité globale d'un service numérique est déterminée par son composant le moins résilient. 27, 47, 57
- maturité opérationnelle** Degré de préparation effective d'une alternative ou d'une solution de résilience : théorique (M0), testée ponctuellement (M1) ou pratiquée régulièrement (M2). 21, 25, 38, 46, 55
- processus métier** Unité d'analyse d'IRON : ensemble d'activités concourant à un résultat identifiable pour l'organisation et utilisant au moins un service numérique. Le service numérique est défini par ce que le processus consomme, pas par l'emballage logiciel. 8, 10, 17, 23, 28, 32, 36, 37, 41, 47, 53
- protection** Famille de solutions (C) consistant à mettre en place des mesures préventives réduisant la probabilité ou l'impact des perturbations. 23, 57
- pérennité organisationnelle** Capacité d'une organisation à maintenir durablement sa mission et ses activités. Continuum allant de la survie à la longévité. 10, 28
- rapidité de rétablissement** Famille de solutions (D) consistant à minimiser le temps nécessaire pour retrouver un fonctionnement acceptable après une perturbation. 23, 57
- recontextualisation** Opération consistant à réévaluer le score Y d'un service numérique partagé dans le contexte spécifique de chaque processus métier qui l'utilise, les dimensions CIA sollicitées pouvant différer d'un processus à l'autre. 44, 47
- redondance** Famille de solutions (A) consistant à dupliquer les composants critiques pour assurer la continuité en cas de défaillance d'un élément. 23, 38, 56
- risque systémique exogène** Risque lié aux dépendances transitives entre organisations (ex. : fournisseur commun à l'ensemble d'un secteur), non évaluable au niveau d'une organisation isolée et donc hors du périmètre d'IRON. 26

robustesse Capacité d'une organisation à maintenir ses fonctions essentielles de manière stable et viable face aux défaillances du numérique, en créant les conditions pour ne pas tomber. Nature préventive et organisationnelle : propriété de l'organisation, pas du système technique. [6](#), [14](#), [15](#), [17](#), [39](#), [55](#), [57](#)

résilience Capacité d'un système numérique à résister aux perturbations et à revenir à un état fonctionnel après l'incident. Nature réactive et technique : propriété du système, pas de l'organisation. [9](#), [10](#), [17](#), [23](#), [32](#), [45](#)

service numérique Capacité numérique spécifique dont un processus métier dépend pour fonctionner. Un service est défini du point de vue du processus, pas du logiciel : si deux processus utilisent des fonctionnalités différentes du même progiciel, ils dépendent de services différents. [9](#), [10](#), [15](#), [17](#), [20](#), [23](#), [36](#), [37](#), [41](#), [43](#), [47](#), [53](#), [55](#)

substituabilité fonctionnelle Capacité d'un processus métier à continuer de fonctionner en l'absence du service numérique qui le supporte, via une alternative manuelle ou technique. [9](#), [10](#), [17](#), [20](#), [32](#), [36](#), [45](#), [57](#)

Références

- BBC NEWS (19 juill. 2024). *GPs, airports and banks in UK hit by IT outage*. URL : [🔗https://www.bbc.co.uk/news/articles/cp08231z4j7o](https://www.bbc.co.uk/news/articles/cp08231z4j7o).
- CROWDSTRIKE (2024). *Channel File 291 Incident : Root Cause Analysis*. Rapp. tech. URL : [🔗https://www.crowdstrike.com/wp-content/uploads/2024/08/Channel-File-291-Incident-Root-Cause-Analysis-08.06.2024.pdf](https://www.crowdstrike.com/wp-content/uploads/2024/08/Channel-File-291-Incident-Root-Cause-Analysis-08.06.2024.pdf).
- GREENBERG, Andy (2019). *Sandworm : A New Era of Cyberwar and the Hunt for the Kremlin's Most Dangerous Hackers*. New York : Doubleday.
- HOLMSTRÖM, Anton et Christine GROSSE (2025). « Not All Heroes Wear Capes : Cyber Resilience of the Social Administration at a Swedish Municipality ». In : *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy* 16.3. DOI : [🔗10.1002/rhc3.70024](https://doi.org/10.1002/rhc3.70024). URL : [🔗https://doi.org/10.1002/rhc3.70024](https://doi.org/10.1002/rhc3.70024).
- LINES, Delta Air (10 oct. 2024). *Delta Air Lines Announces September Quarter 2024 Financial Results*. URL : [🔗https://ir.delta.com/news/news-details/2024/Delta-Air-Lines-Announces-September-Quarter-2024-Financial-Results/default.aspx](https://ir.delta.com/news/news-details/2024/Delta-Air-Lines-Announces-September-Quarter-2024-Financial-Results/default.aspx).
- MATHEWS, Jessica (19 juill. 2024). *Doctors revert to pen and paper after CrowdStrike's outage hits hospitals*. URL : [🔗https://fortune.com/2024/07/19/crowdstrike-outage-glitch-hospitals-healthcare-doctors-computer-systems/](https://fortune.com/2024/07/19/crowdstrike-outage-glitch-hospitals-healthcare-doctors-computer-systems/).
- MINISTRY OF THE INTERIOR AND SAFETY, REPUBLIC OF KOREA (2025). *Incendie du datacenter gouvernemental NIRS de Daejeon*. Incendie du 26 septembre 2025 détruisant 858 To de données et paralysant 647 services numériques gouvernementaux. URL : [🔗https://www.koreaherald.com/article/10585116](https://www.koreaherald.com/article/10585116).
- OVHCLOUD (2021). *Incendie du datacenter de Strasbourg (SBG2)*. Incendie du 10 mars 2021 détruisant le datacenter SBG2 et affectant 3,6 millions de sites web. URL : [🔗https://next.ink/5148/ovhcloud-feu-se-declare-a-strasbourg-partie-site-detruit/](https://next.ink/5148/ovhcloud-feu-se-declare-a-strasbourg-partie-site-detruit/).
- PARAMETRIX (24 juill. 2024). *CrowdStrike's Impact on the Fortune 500*. URL : [🔗https://www.parametrixinsurance.com/reports-white-papers/crowdstrikes-impact-on-the-fortune-500](https://www.parametrixinsurance.com/reports-white-papers/crowdstrikes-impact-on-the-fortune-500).
- PECCINI, Stéphan (2026). « IRON : Index of Robustness of Organizations facing Digital Dependency ». In : *Safety Science*. Submitted.
- SBS NEWS (19 juill. 2024). *CrowdStrike IT outage hits airports, banks, supermarkets as PM says Triple-0 unaffected*. URL : [🔗https://www.sbs.com.au/news/article/crowdstrike-it-outage-hits-airports-banks-supermarkets-as-pm-says-triple-0-unaffected/ezge7qp0g](https://www.sbs.com.au/news/article/crowdstrike-it-outage-hits-airports-banks-supermarkets-as-pm-says-triple-0-unaffected/ezge7qp0g).