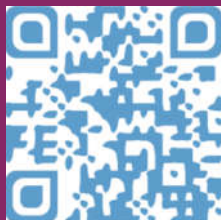


**VERS LE LEAN 4.0 :**

**RENFORCEMENT DU PROCESSUS  
DECISIONNEL PAR LES  
TECHNOLOGIES  
DE L'INDUSTRIE 4.0**

Journées de Printemps  
de la SAGIP

24/05/2022



Frédéric ROSIN  
École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM)

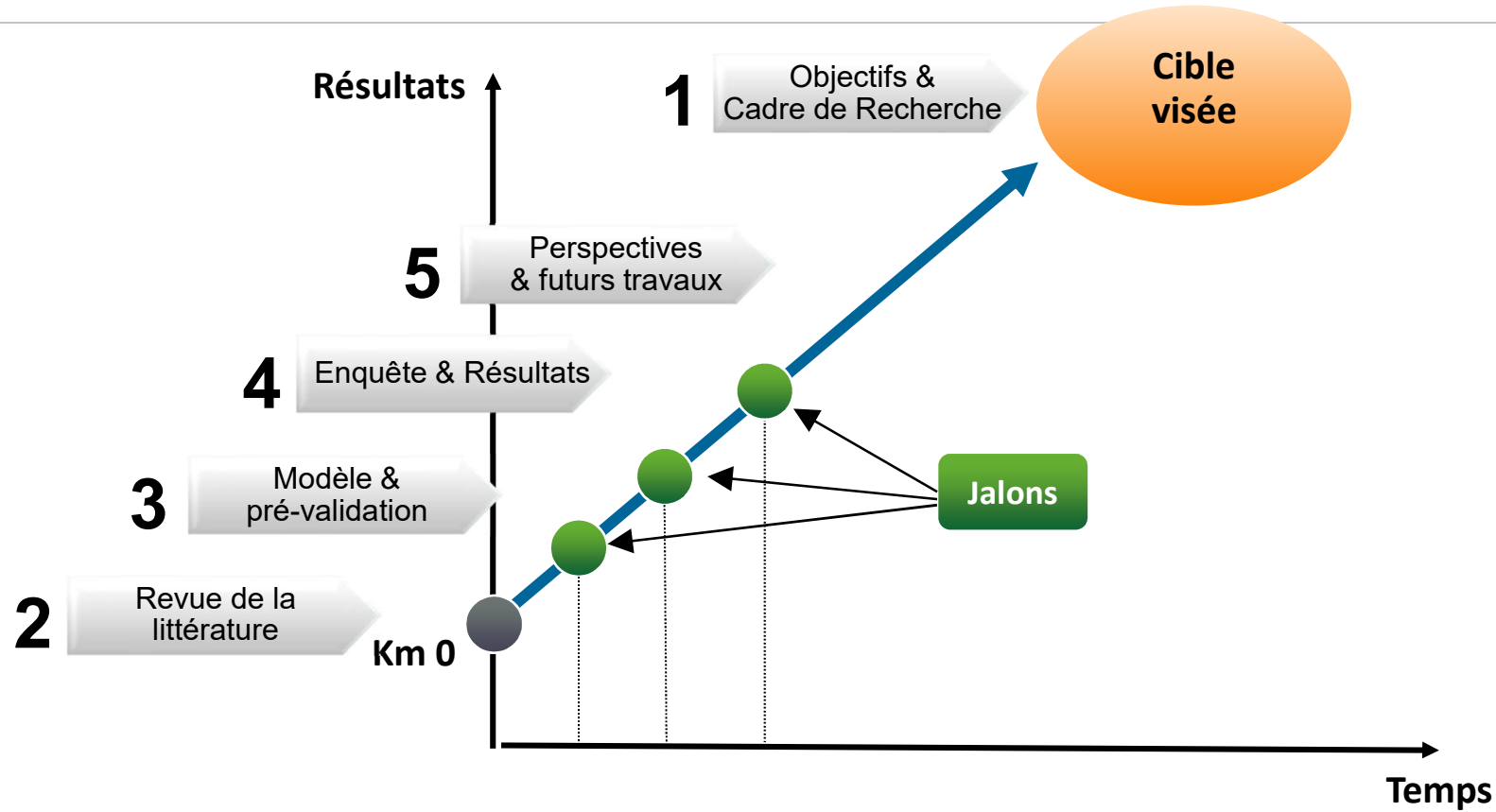
Pascal FORGET  
Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)

Samir LAMOURI  
École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM)

Robert PELLERIN  
École Polytechnique de Montréal (EPM)

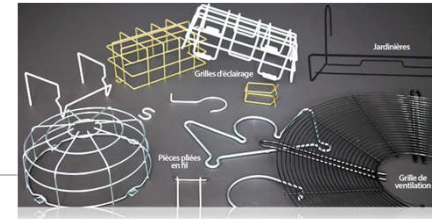


# PLAN DE LA PRÉSENTATION



## Lien entre Lean et Industrie 4.0

Exemple : PME – Production de pièces soudées



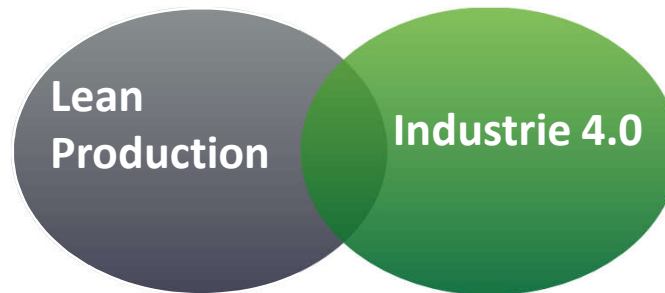
**« l'automatisation de processus inefficaces amplifie leur inefficacité »**

(Bill Gates, co-fondateur de Microsoft cité par Krishnan, 2013)

## Lien entre Lean et Industrie 4.0

Quelle approche pour les entreprises manufacturières devrait elle prioriser ?

---



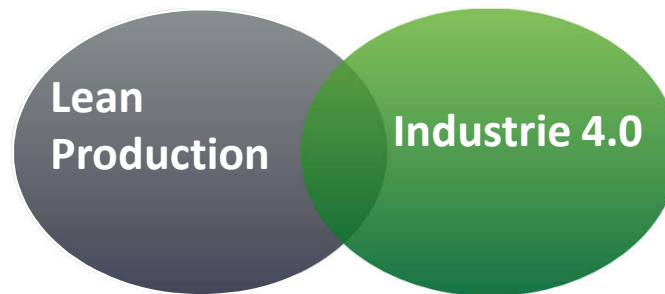
**Deux courants très différents qui ne mettent pas l'accent sur les mêmes aspects**

- Changements à apporter en priorité ?
- Déploiement de l'Industrie 4.0 selon le niveau d'implantation Lean actuel ?
- Quelles Technologies 4.0 choisir ?

## Lien entre Lean et Industrie 4.0

Quelle approche pour les entreprises manufacturières ?

---



### Quatre visions résument les liens proposés dans la littérature:

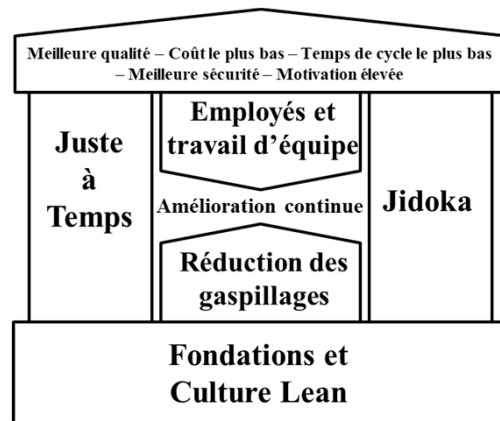
1. Le Lean est une base nécessaire à l'Industrie 4.0 ;
2. L'Industrie 4.0 améliore l'efficacité du Lean ;
3. L'Industrie 4.0 et le Lean se complètent (synergie) ;
4. Les principes Lean changent avec l'Industrie 4.0

Dombrowsky et al., 2017; Buer et al., 2018

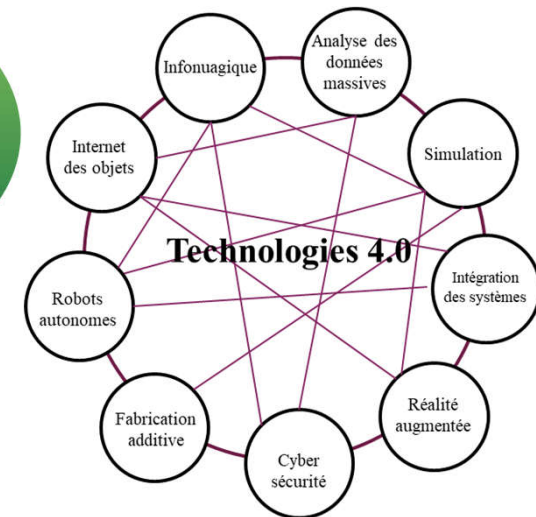
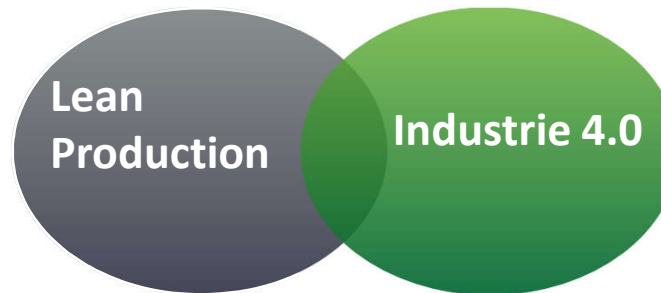
# Lien entre Lean et Industrie 4.0

## Problématique & Cadre de recherche

article et participation aux Journées Doctorales JDJN



Adapté de Liker, J. K. (2004)

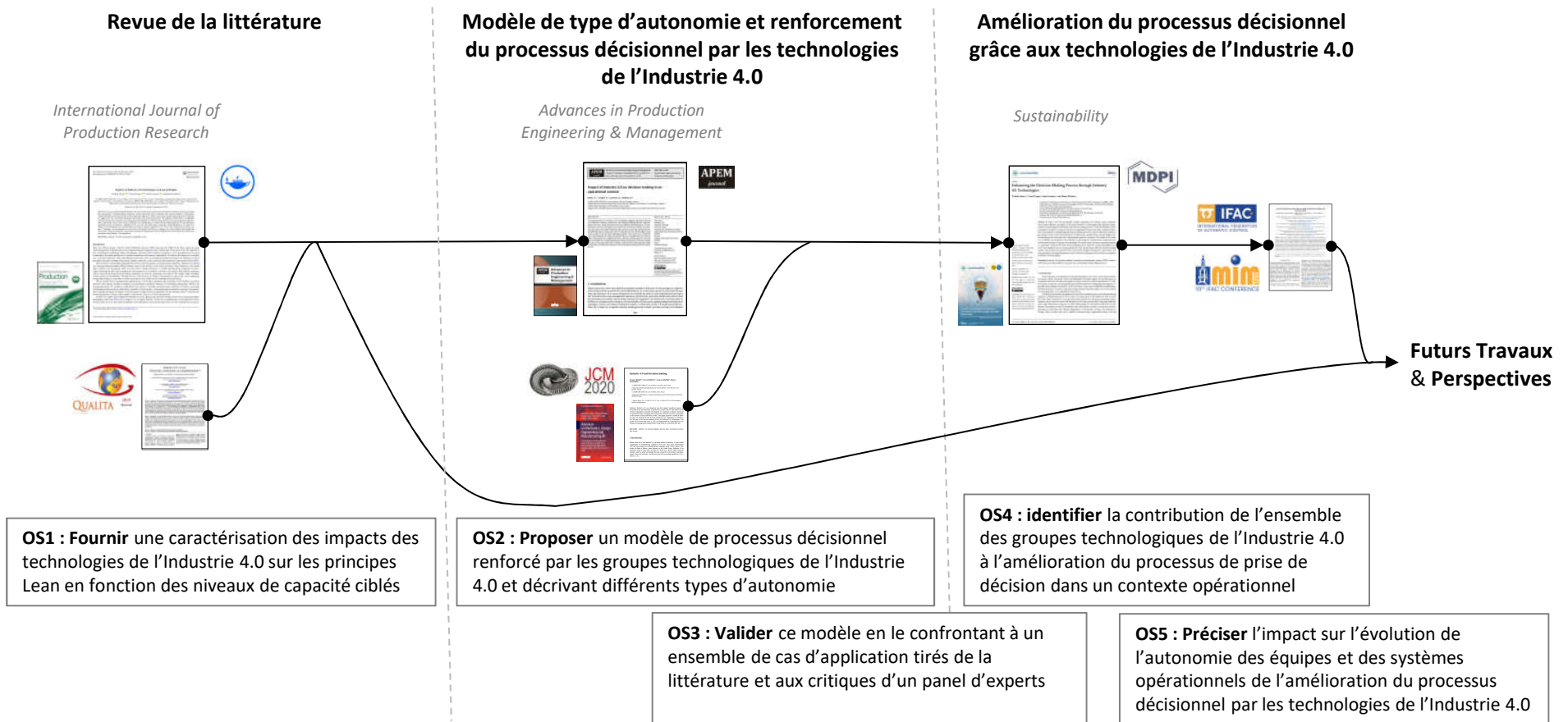


Adapté de Ruessmann et al. (2015)

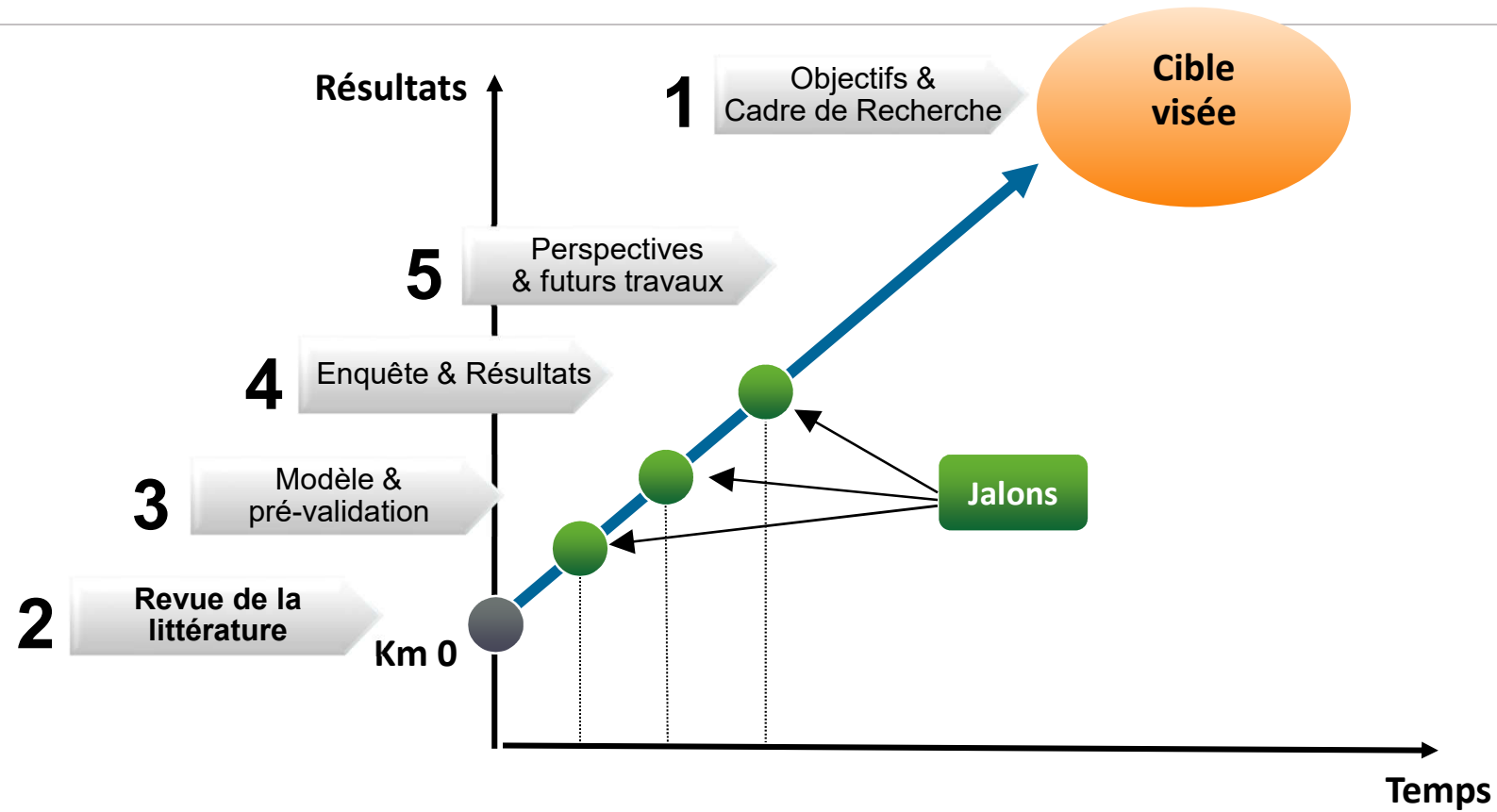
- Préciser les relations entre les technologies de l'Industrie 4.0 et les principes Lean ;
- Structurer une feuille de route de déploiement de l'Industrie 4.0 autour de l'amélioration des prises de décisions par l'utilisation des nouvelles technologies.

# Méthodologie générale de Recherche

Comment les technologies de l'Industrie 4.0 peuvent améliorer un processus de prise de décision et comment elles peuvent affecter l'autonomie des ressources impliquées ?



# PLAN DE LA PRÉSENTATION

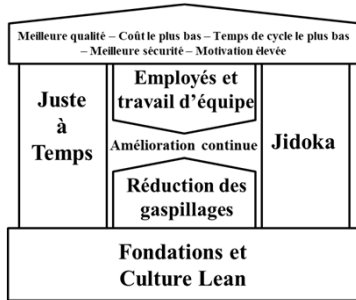




# Revue de la littérature

Rosin F.& al., 2019. « Industrie 4.0 et Lean : Hiérarchie, amélioration ou complémentarité ? », 13<sup>ème</sup> Congrès International de Génie Industriel CIGI QUALITA - Montréal Québec – Canada

**74**  
**Articles**



			Robots autonomes ou collaboratifs	Simulation	Intégration des systèmes	Internet des objets	Infonuagique	Réalité virtuelle et augmentée	Analyse des données massives	Cyber sécurité
<b>Juste à Temps</b>	<b>46</b>	Temps takt								
		Flux continu	4	10	4	9	3		1	
		Production tirée		2		7	1			
		Changement de série rapide		1						
<b>Jidoka</b>	<b>24</b>	Logistique intégrée	2		1	1				
		Arrêts automatiques				1				
		Andon				3				
		Séparation personne-machine	2							
		Anti-erreur	2			3		2		
		Contrôle de la qualité au poste	1			5	1		4	
<b>Réduction des gaspillages</b>	<b>12</b>	Résolution de problème à la source								
		Genshi Genbutsu								
		5 Pourquoi								
		Vue sur les gaspillages		4	1	6			1	
<b>Employés et travail d'équipe</b>	<b>5</b>	Résolution de problème								
		Sélection des employés								
		Buts communs								
		Prise de décision collective								
		Formation croisée		1				4		
<b>Fondations et Culture Lean</b>	<b>29</b>	Amélioration continue		2	1			2	1	
		Production lissée (heijunka)							1	
		Processus stables et standardisés	2					1		
		Gestion visuelle		1		10	3	1	2	
		Philosophie Toyota			2					



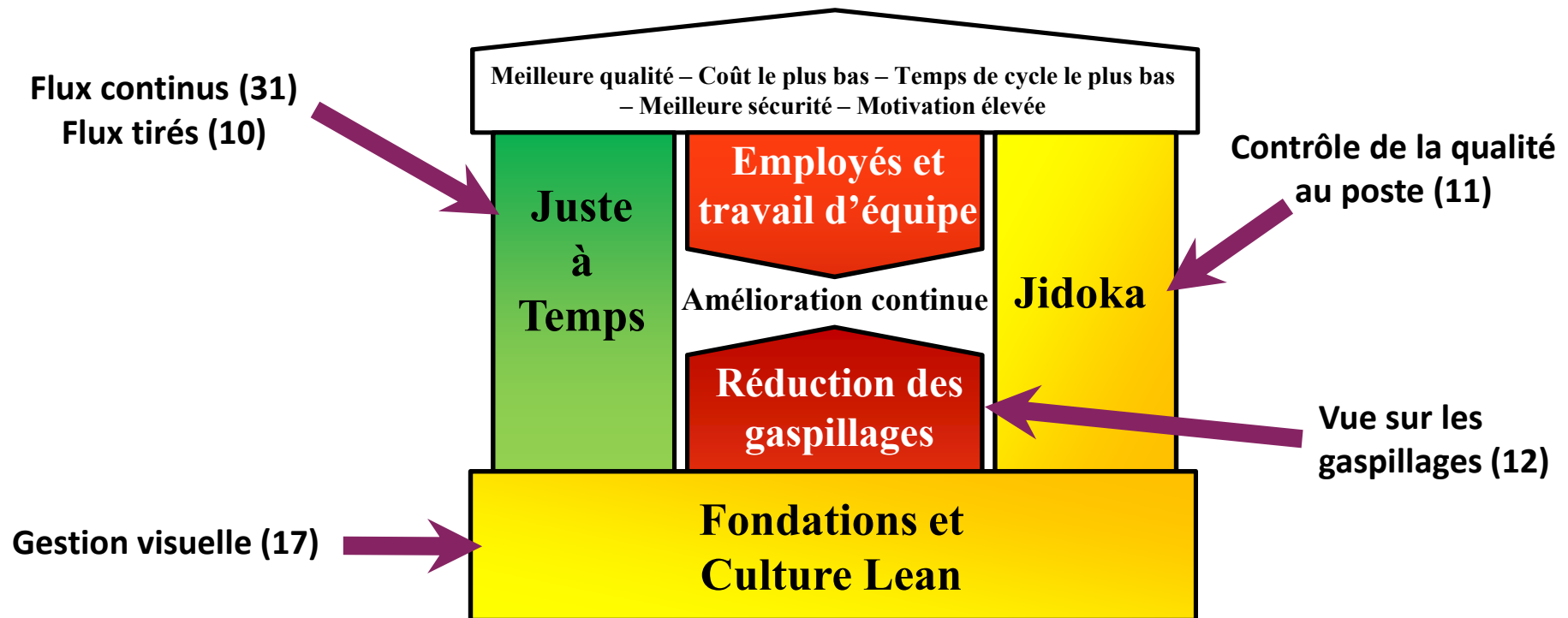
0
31
10
1
4
1
3
2
7
11
0
0
0
12
0
0
0
5
6
1
3
17
2



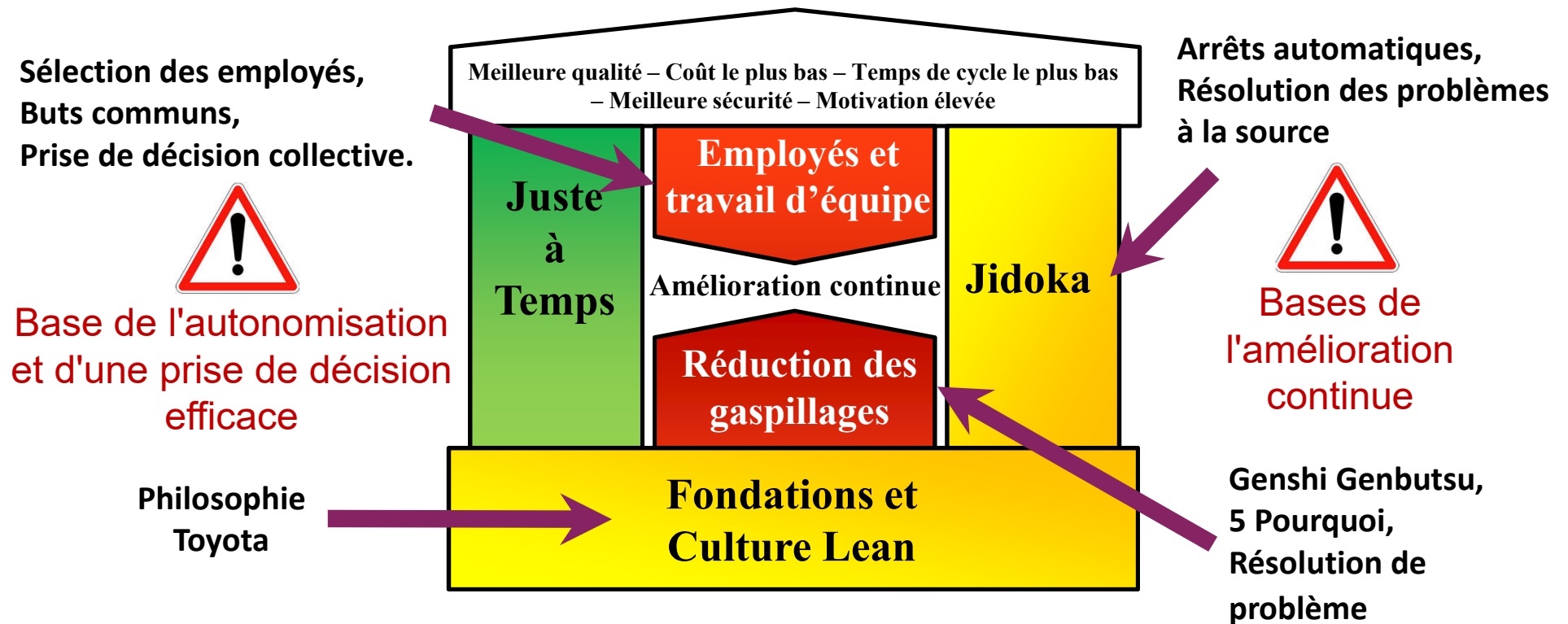
13	21	9	45	8	10	10	0
----	----	---	----	---	----	----	---

116

## Principes qui font l'objet d'un plus grand nombre d'associations avec des Technologies 4.0



## Principes qui n'ont fait l'objet d'aucune publication



# Revue de la littérature

Rosin F.& al., 2019. « Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles », International Journal of Production Research (IJPR), 1-18



			Autonomous Robots	Simulation	System integration	Internet of Things	Cloud	Augmented reality	Big data and analytics	Cybersecurity					
<b>46</b>	Just-in-time	Takt time planning									0				
		Continuous flow	4	10	4	9	3		1		31	10	15	6	
		Pull system		2		7	1				10	6	2	2	
		Quick changeover		1							1		1		
		Integrated logistics	2		1	1					4	2		2	
<b>24</b>	Jidoka	Automatic stops				1				1		1			
		Andon				3				3	2	1			
		Person-machine separation	2								2			2	
		Error-proofing	2			3		2			7	4	1	2	
		In-station quality control	1			5	1		4		11	5	1	5	
<b>12</b>	Waste Reduction	Solve root cause of problem									0				
		Genshi Genbutsu									0				
		5 Why's									0				
		Eyes for waste		4	1	6			1		12	12			
		Problem solving									0				
<b>5</b>	People and Team work	Selection									0				
		Common goals									0				
		Ringi decision making									0				
		Cross-trained		1				4			5	4	1		
		Continuous improvement		2	1			2	1		6	3	3		
<b>29</b>	Foundations	Leveled production (heijunka)							1		1		1		
		Stable and Standardized processes	2					1			3	1		2	
		Visual Management		1		10	3	1	2		17	17			
		Toyota Way Philosophy			2						2	2			
			13	21	9	45	8	10	10	0	116				

		Autonomous Robots	Simulation	System integration	Internet of Things	Cloud	Augmented reality	Big data and analytics	Cybersecurity	Monitoring	Control	Optimization	Autonomy
Monitoring		8	7	31	6	9	7			68			
Control				3							3		
Optimization			13	1	5	1	1	3				24	
Autonomy		13		1	6	1							21

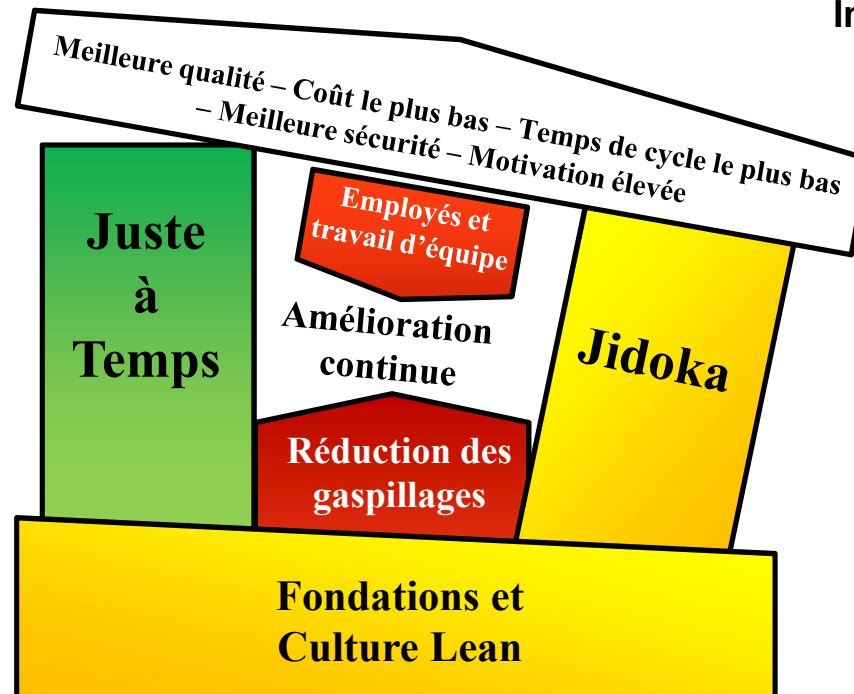
# Lean principles and Industry 4.0

Rosin F.& al., 2019. « Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles », International Journal of Production Research (IJPR), 1-18

**Incidence de l'industrie 4.0 sur la prise de décision dans un contexte opérationnel**



Base de l'autonomisation et d'une prise de décision efficace



**Impacts des technologies industrielles 4.0 sur les principes du Lean**

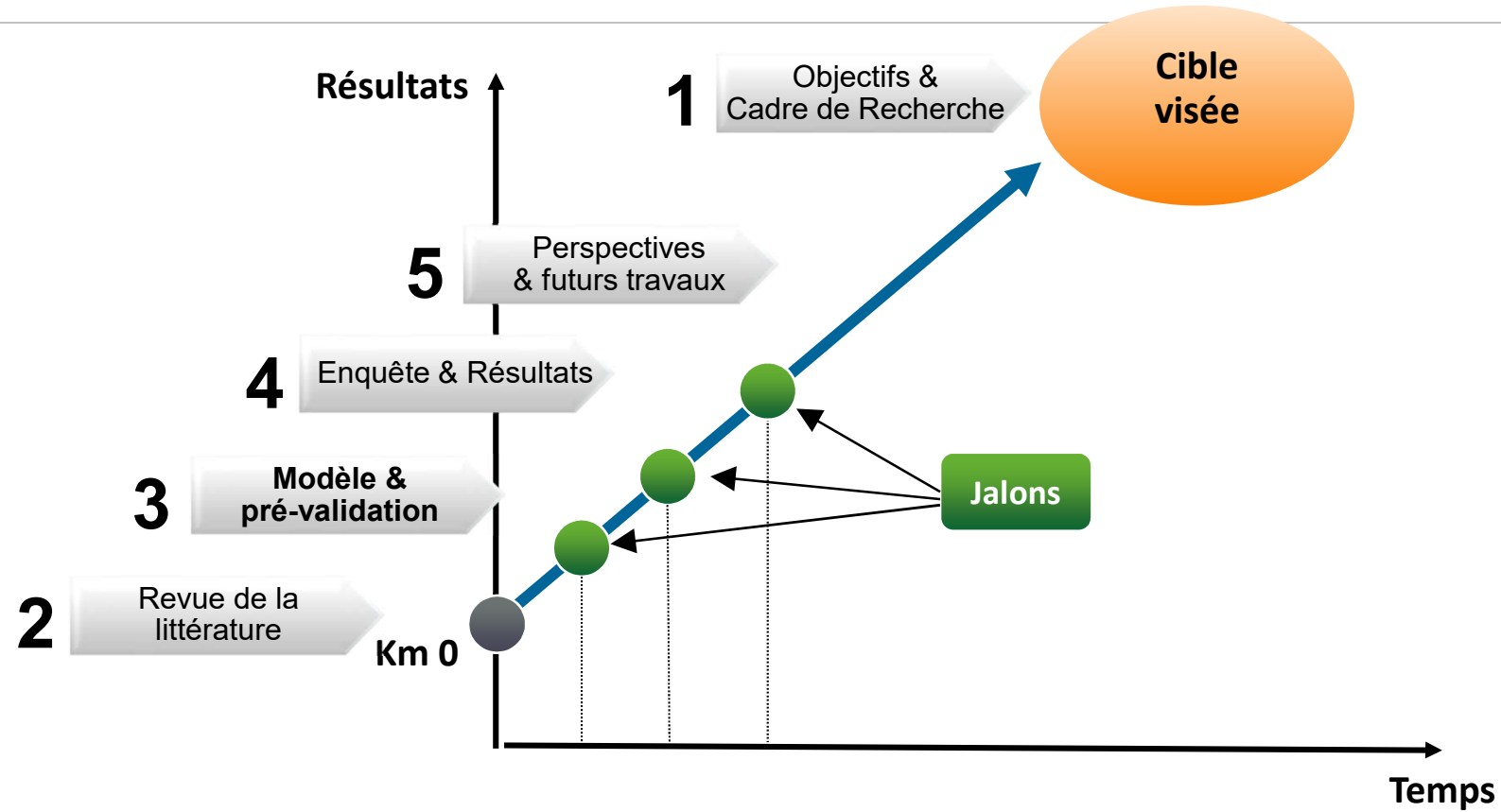


Bases de l'amélioration continue

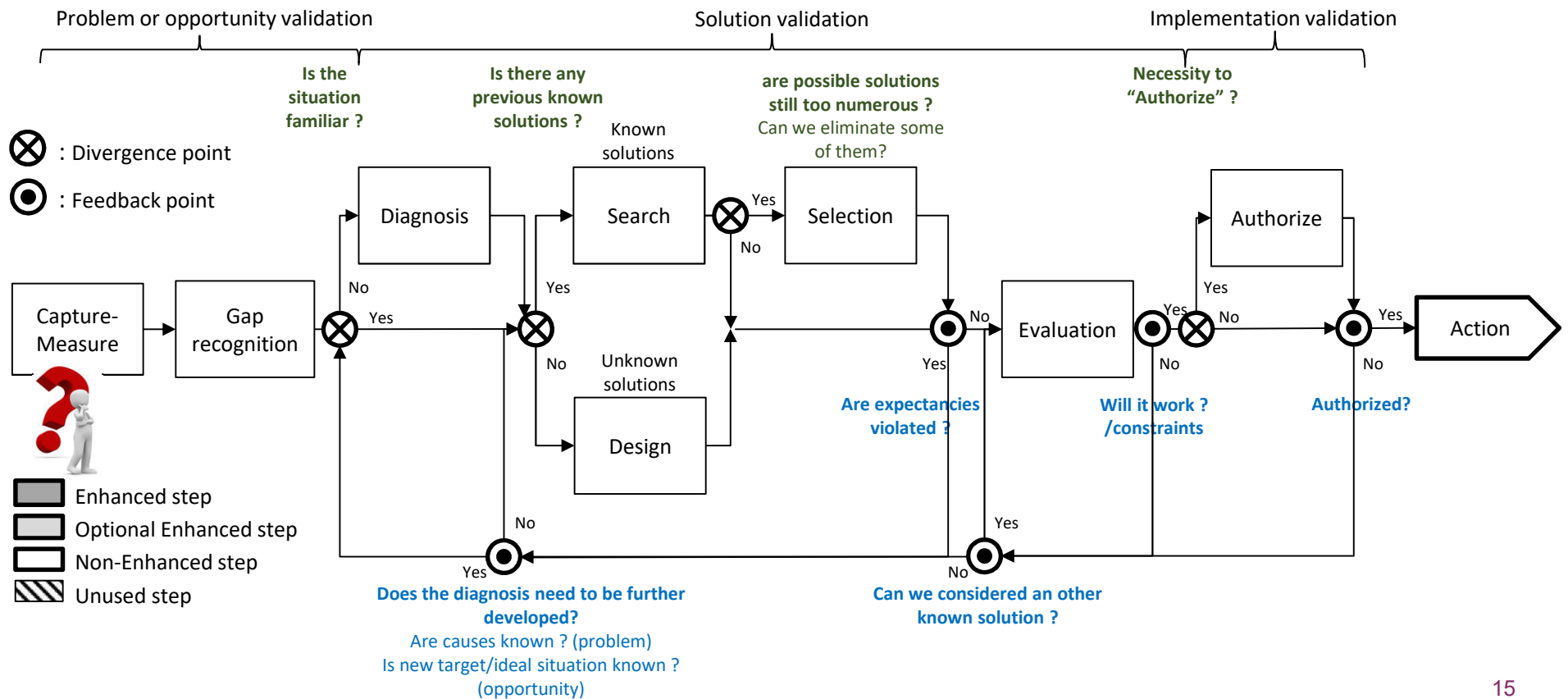
Comment les technologies 4.0 peuvent-elles :

- Renforcer le processus de prises de décisions ?
- Renforcer l'autonomie au niveau du système opérationnel ?

# PLAN DE LA PRÉSENTATION



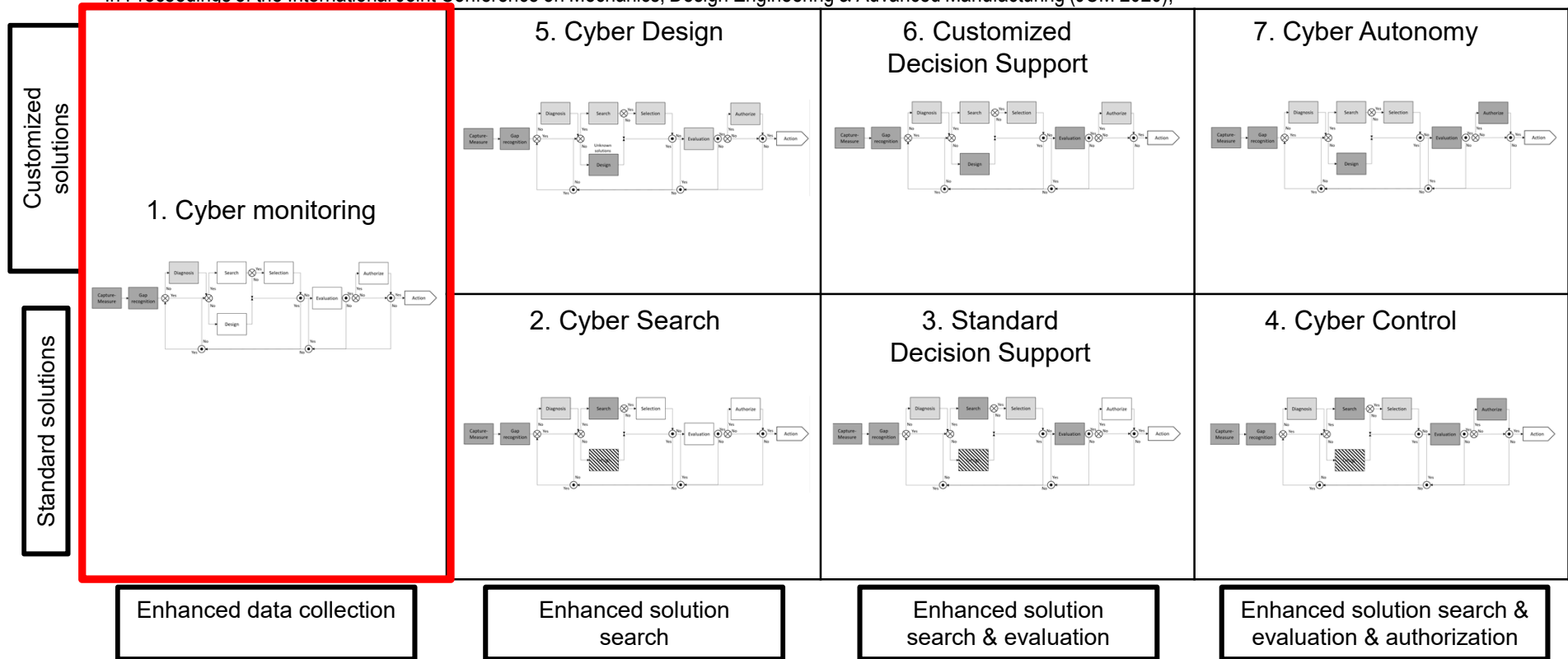
# Modèle de types d'autonomie dans le processus décisionnel s'appuyant sur les technologies de l'Industrie 4.0



# Modèle de types d'autonomie dans le processus décisionnel s'appuyant sur les technologies de l'Industrie 4.0

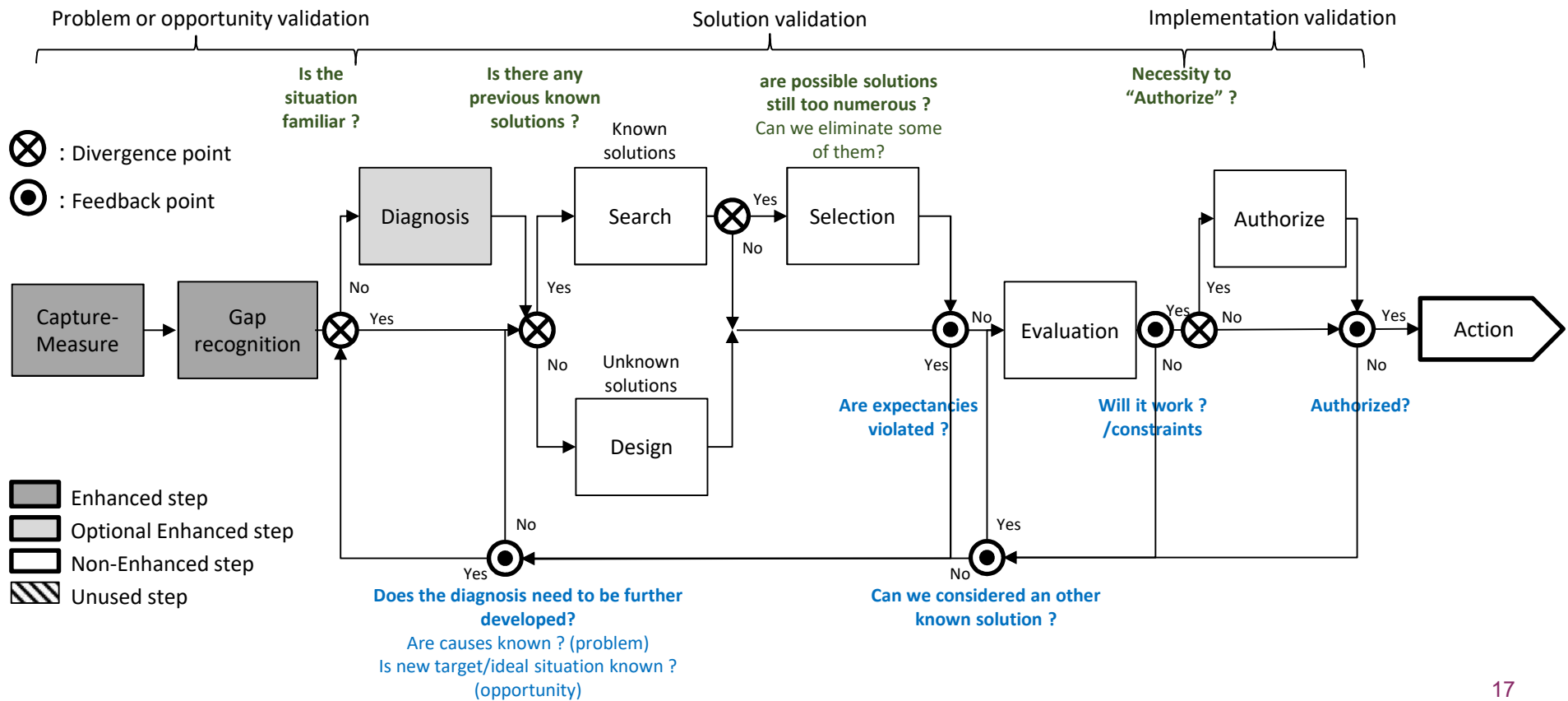
Rosin F. & al., 2020. «Industry 4.0 and decision making »,

In Proceedings of the International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering & Advanced Manufacturing (JCM 2020),





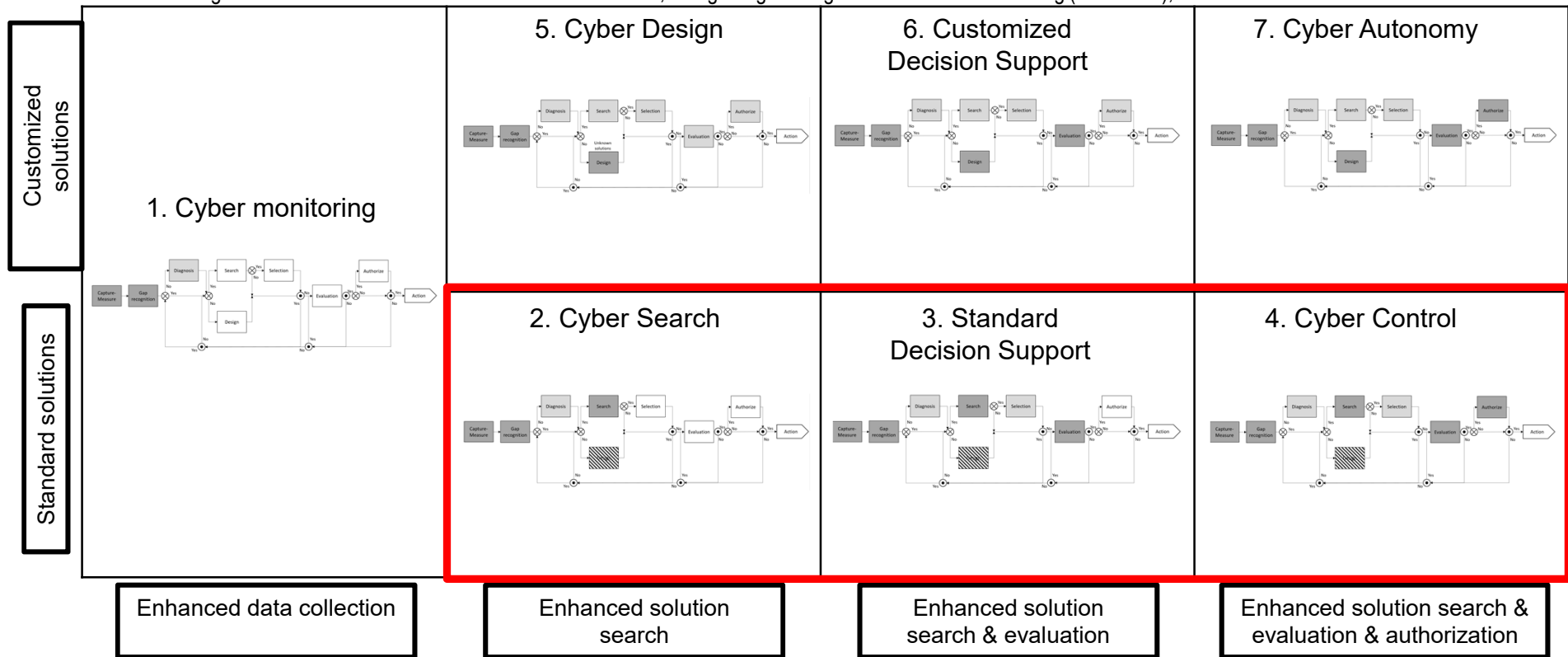
# 1. Cyber Monitoring



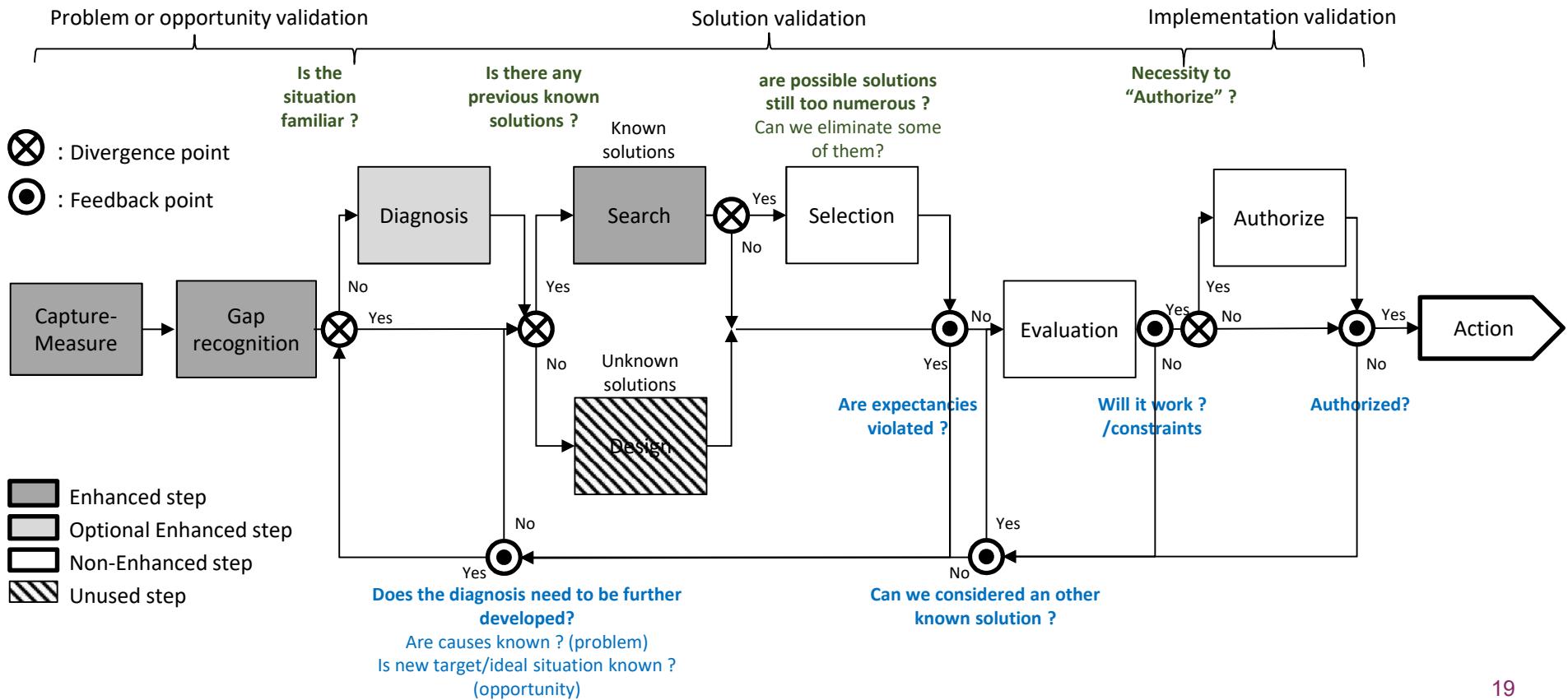
# Modèle de types d'autonomie dans le processus décisionnel s'appuyant sur les technologies de l'Industrie 4.0

Rosin F.& al., 2020. «Industry 4.0 and decision making »,

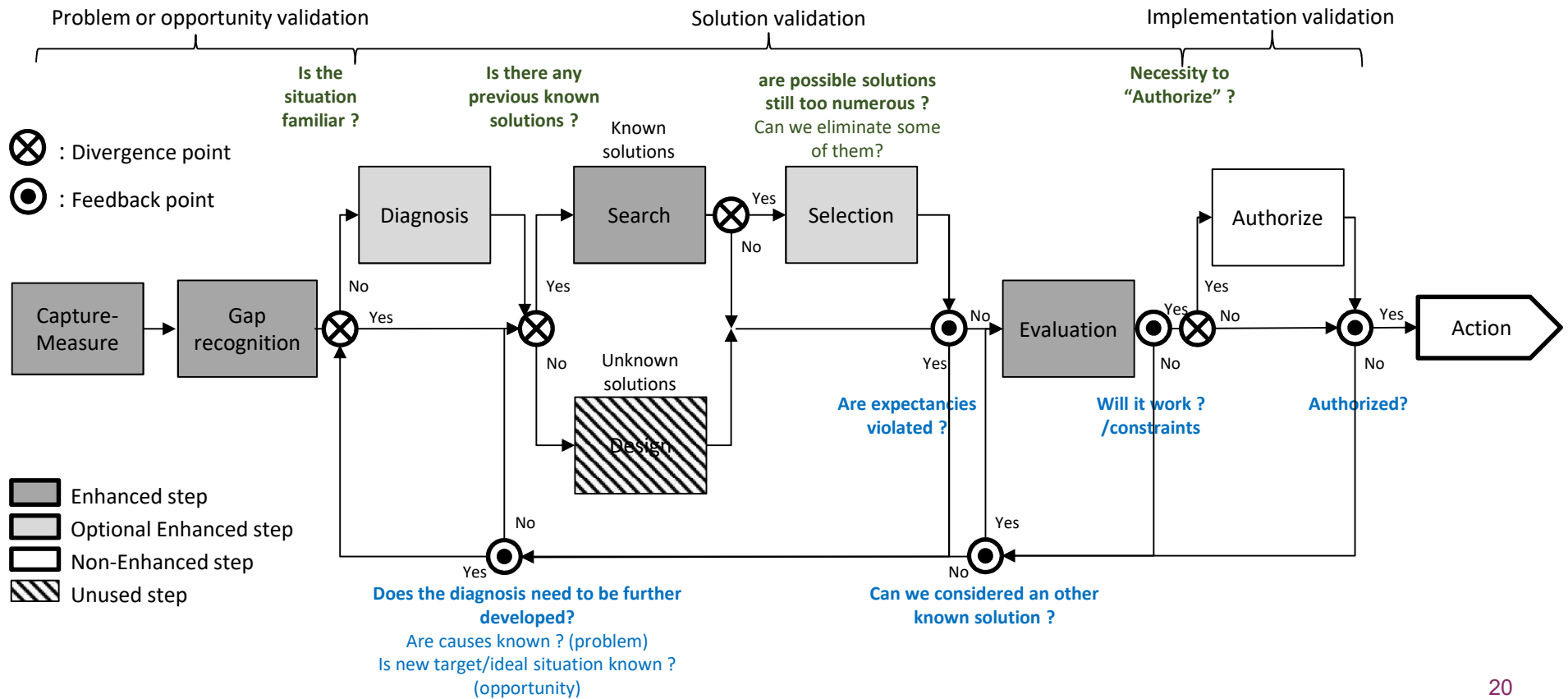
In Proceedings of the International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering & Advanced Manufacturing (JCM 2020),



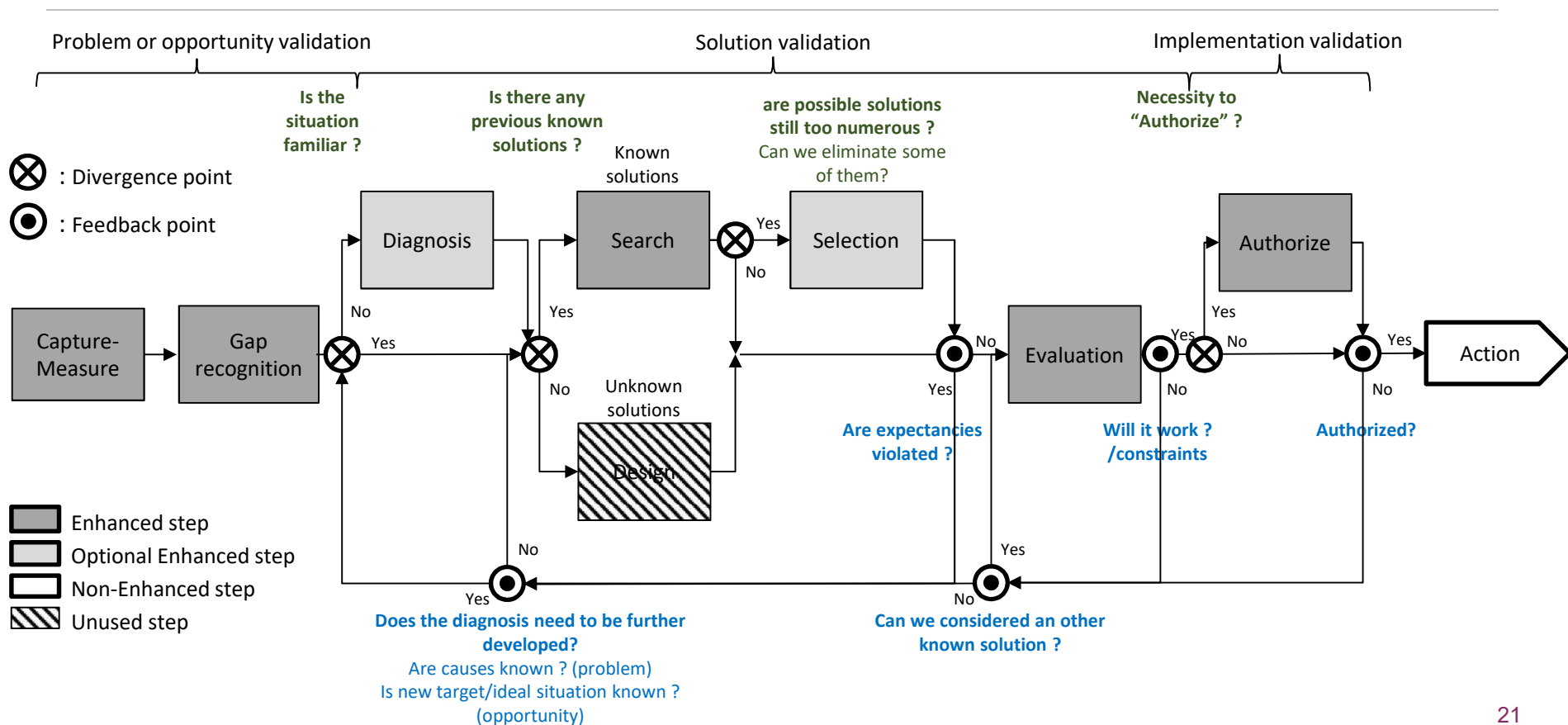
## 2. Cyber Search



### 3. Standard Decision Support



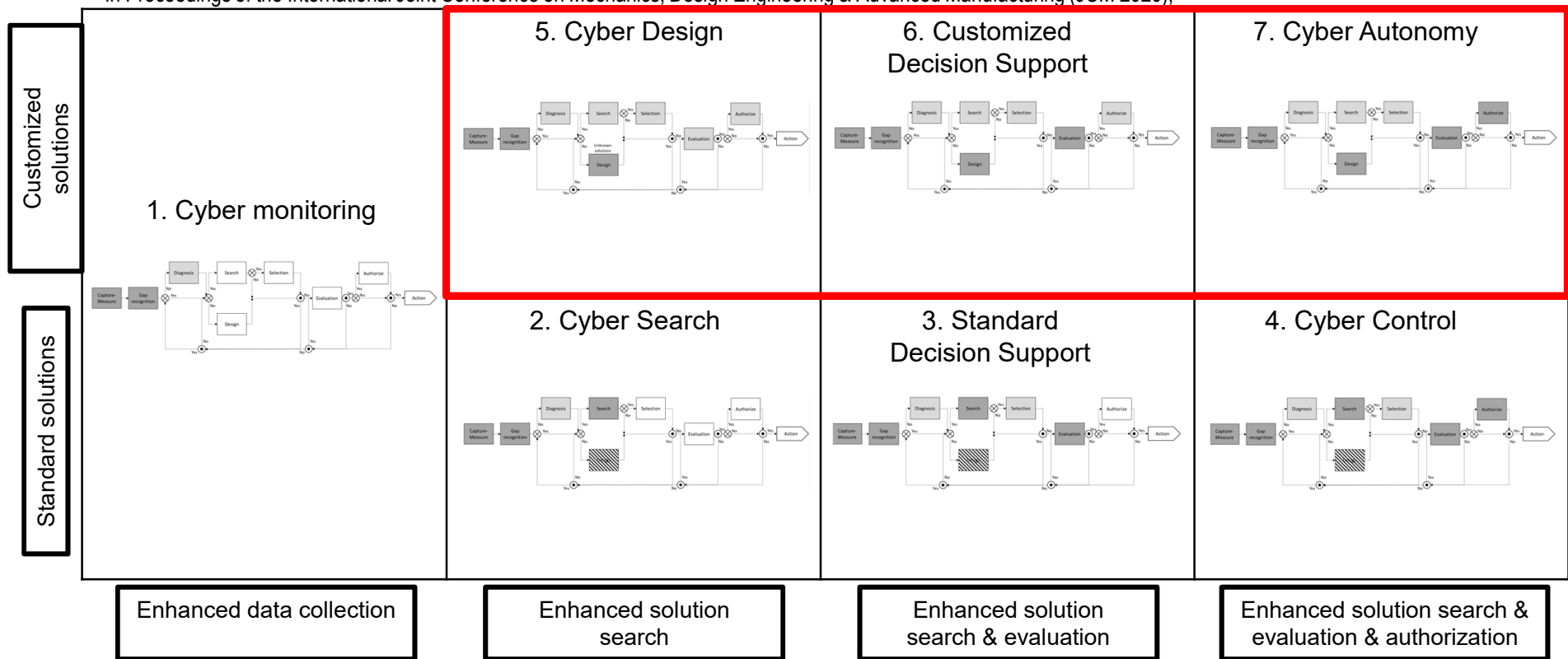
# 4. Cyber Control



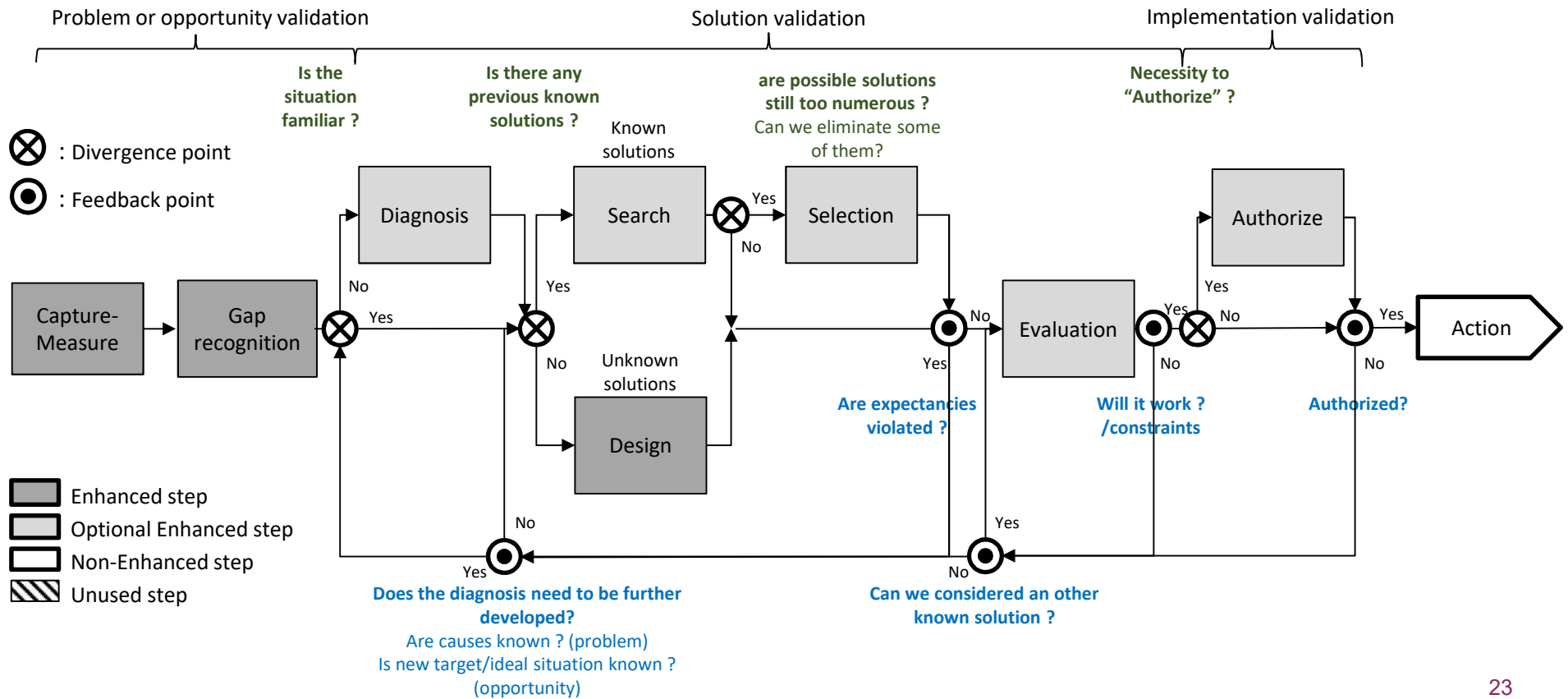
# Modèle de types d'autonomie dans le processus décisionnel s'appuyant sur les technologies de l'Industrie 4.0

Rosin F.& al., 2020. «Industry 4.0 and decision making »,

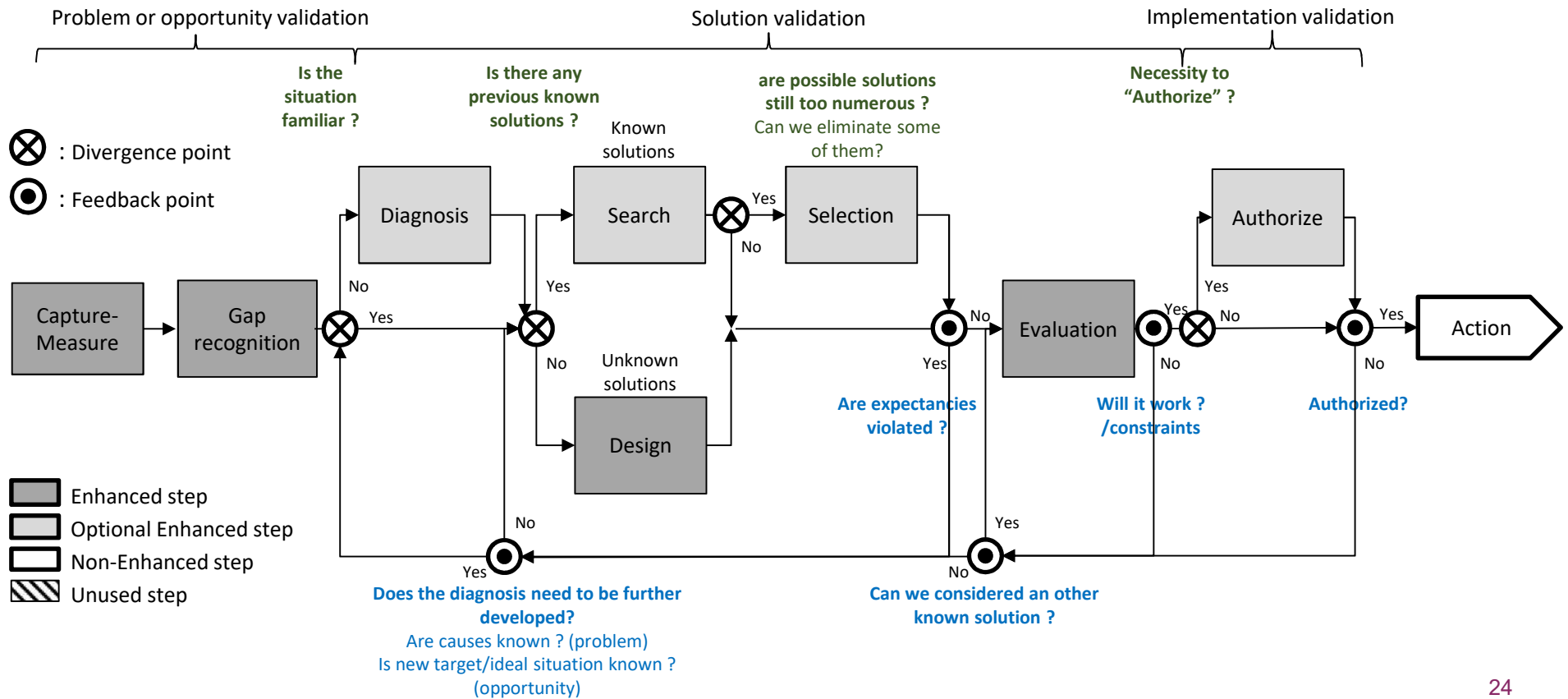
In Proceedings of the International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering & Advanced Manufacturing (JCM 2020),



# 5. Cyber Design

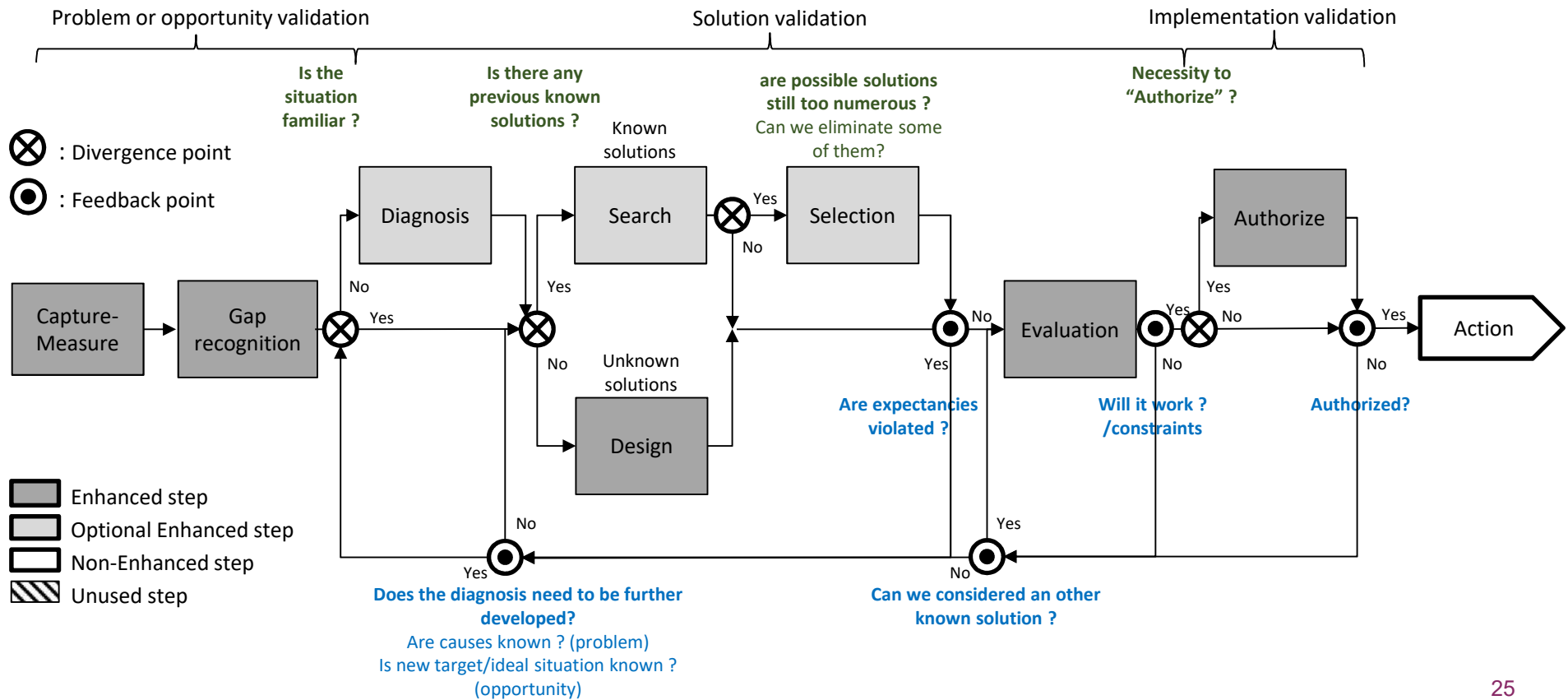


# 6. Customized Decision Support





# 6. Customized Decision Support




# Modèle de types d'autonomie dans le processus décisionnel s'appuyant sur les technologies de l'Industrie 4.0

Rosin F. & al., 2020. « Industry 4.0 and decision making », In Proceedings of the International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering & Advanced Manufacturing (JCM 2020),

Customized solutions

Standard solutions



## JCM2020 Conference Awards

On behalf of the scientific comity of the 10<sup>th</sup> International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing (JCM 2020)

Following the presentation, the *price* for the best paper in the *Track « Human, knowledge & Decision »* is awarded to:


**Frédéric Rosin, Pascal Forget, Samir Lamouri, Robert Pellerin**

for the paper




**Industry 4.0 and decision making**




Manuel PAREDES  
(President of the scientific comity)



Lionel ROUCOULES  
(President of the organisation comity)

10th International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing  
 2nd -4th June 2020 at Aix en Provence (France)  
 Webconference organized by Arts et Métiers Institute




search

search & evaluation

Enhanced solution search & evaluation & authorization

### 7. Cyber Autonomy



### 4. Cyber Control



RF1

## Modèle de types d'autonomie dans le processus décisionnel s'appuyant sur les technologies de l'Industrie 4.0

Rosin, F. & al., 2021. "Impact of Industry 4.0 on decision making in an operational context", *Advances in Production Engineering & Management (APEM)*, 16, 500–514

"industry 4.0" OR "industry 4.0"  
AND "use case" OR "case study"  
SCOPUS

↓

180 articles / "Decision Sciences",  
69 articles / "Engineering and production"

**Exclusion :**

- validation technique de la mise en œuvre Tech 4.0 et non utilisation pour soutenir ou contrôler un système opérationnel
- pas de lien avec prise de décision dans un contexte opérationnel
- ne détaillaient pas suffisamment l'utilisation des tech 4.0

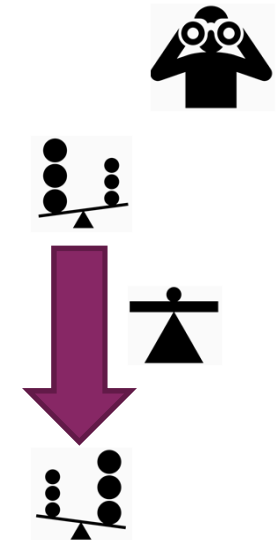
32 articles restants → 41 cas identifiés

◀ 2017 ↗

1. Cyber monitoring	27	2/3
2. Cyber Search	3	!
3. Standard Decision Support	0	!
4. Cyber Control	5	!
5. Cyber Design	0	!
6. Customized Decision Support	2	!
7. Cyber Autonomy	4	!

Technologies supporting the Industry 4.0 decision-making support model ?

Contribution of technologies 4.0 to the implementation of different types of autonomy?



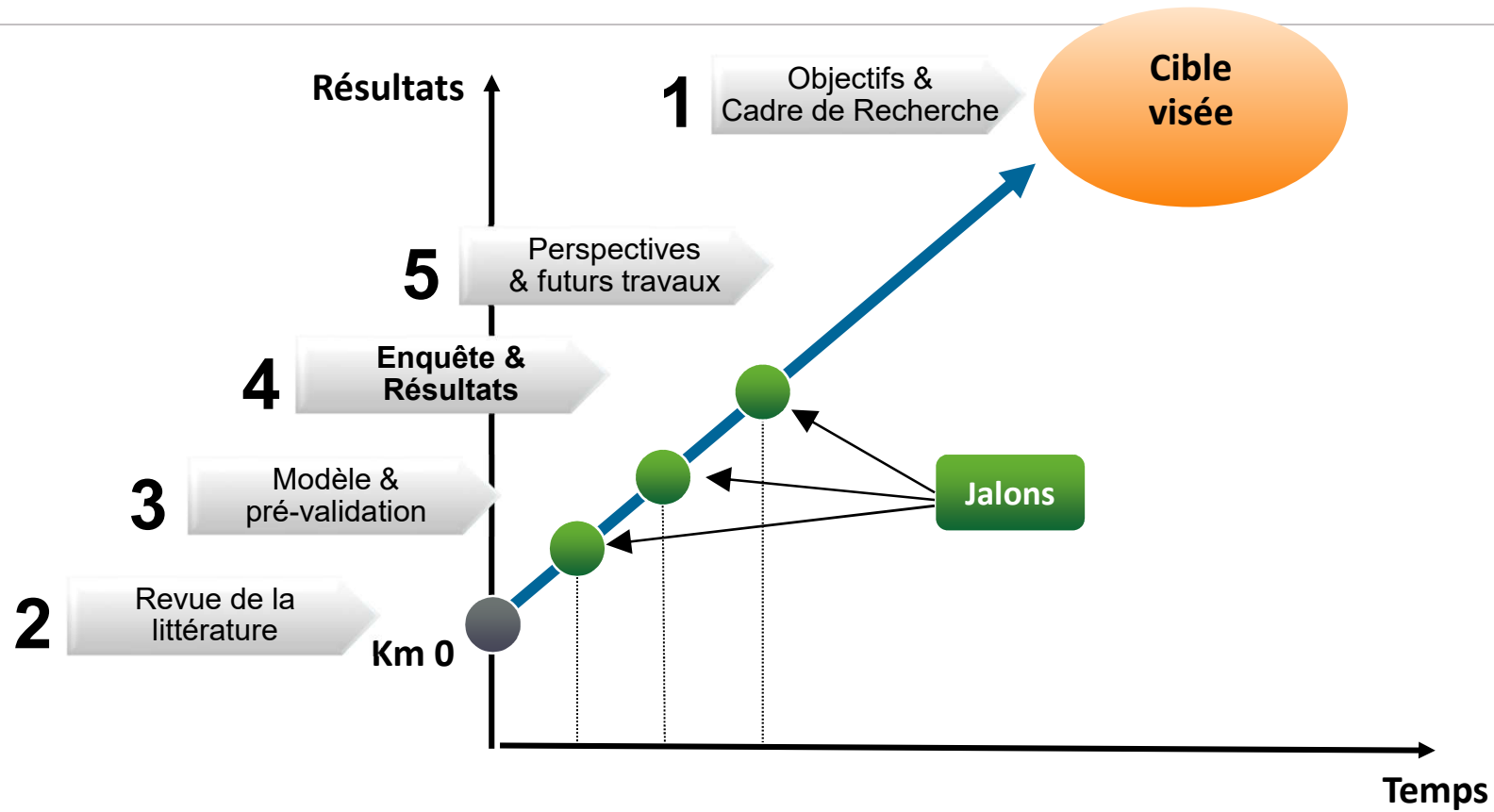
## Diapositive 27

---

**RF1**

ROSIN Frédéric; 23/05/2022

# PLAN DE LA PRÉSENTATION

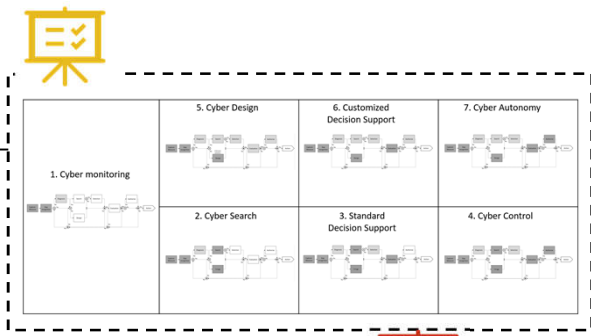


# Méthode Delphi-Régnier

## Les nouveaux modèles d'autonomie 4.0 des équipes et systèmes opérationnels induits par l'amélioration des prises de décision

**1**

En quoi les technologies de l'industrie 4.0 renforcent l'autonomie des équipes au niveau opérationnel ?



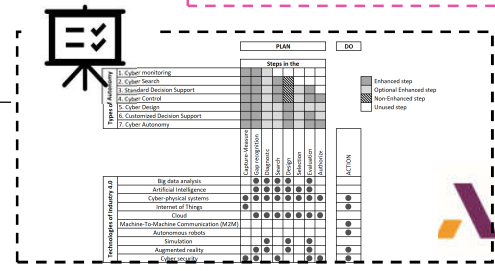
**2**

Quelle est la contribution des technologies 4.0 au renforcement du processus de décision ?

	Big data analysis	Artificial intelligence	Internet of Things (IoT)	Simulation systems	Augmented reality	Cybersecurity	Cloud	Cyber-Physical Systems	Autonomous robots/machines	Inter machine communication (IM2M)
Capture-Messure	21%	47%	56%	1%	20%	50%	77%	82%	84%	100%
Obj. recognition	47%	77%	84%	11%	46%	50%	77%	83%	72%	88%
Diagnostic	47%	88%	29%	42%	54%	35%	77%	56%	56%	82%
Search	43%	71%	11%	21%	29%	50%	77%	50%	28%	59%
Selection	52%	72%	11%	58%	20%	15%	77%	44%	17%	47%
Design	37%	38%	13%	58%	50%	15%	77%	44%	28%	58%
Evaluation	46%	54%	17%	31%	43%	15%	77%	44%	44%	47%
Authorise	21%	28%	4%	8%	19%	15%	77%	28%	22%	53%

**3**

Quelles sont les conditions d'un renforcement de l'autonomie des équipes opérationnelles par le déploiement de l'industrie 4.0 ?



# Méthode Delphi-Régnier

**Construire un accord** en s'appuyant sur le consensus



**Cerner des tendances de comportement** en faisant expliciter les positions



**Préparer les structures aux changements, faire émerger des signes annonciateurs du futur** en interrogeant les positions étranges



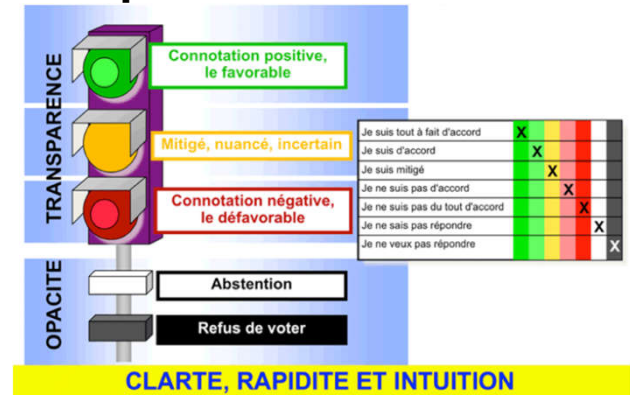
**Mesurer la satisfaction** par analyse comparée ou barométrique



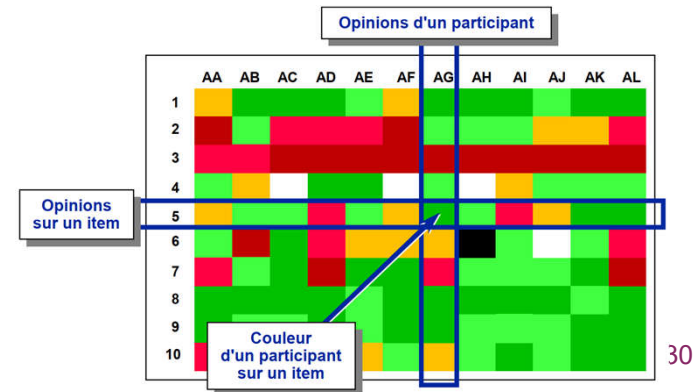
**Faire agir** en faisant partager les résultats par les participants eux-mêmes



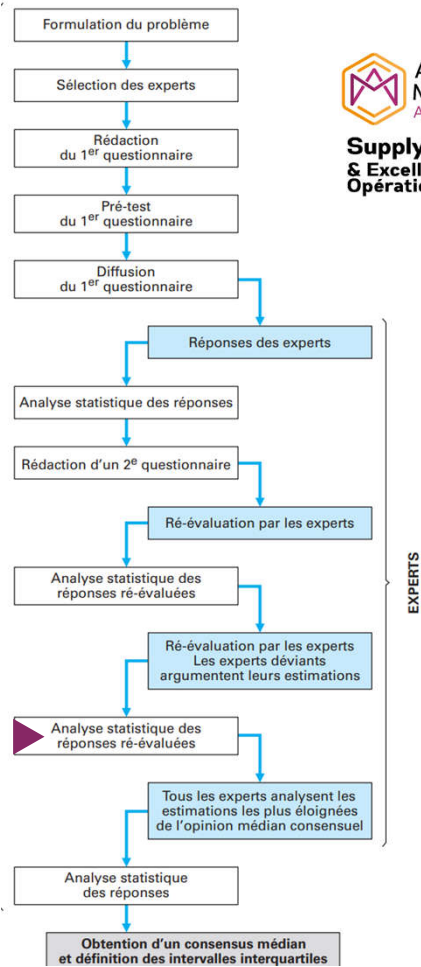
## Principe de vote



Je suis tout à fait d'accord	X				
Je suis d'accord		X			
Je suis mitigé			X		
Je ne suis pas d'accord				X	
Je ne suis pas du tout d'accord					X
Je ne sais pas répondre					X
Je ne veux pas répondre					X



# Méthode Delphi-Régnier



- Panel :**
- 1/3 Industriels
  - 1/3 Intégrateurs
  - 1/3 Académiques

# Les nouveaux modèles d'autonomie 4.0 des équipes et systèmes opérationnels induits par l'amélioration des prises de décision

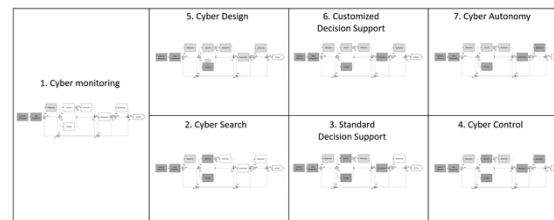
## Elaboration du questionnaire

**Tâches**  
Pouvoir définir ses tâches : intervention sur le séquençage, la méthode d'exécution, le rythme de travail, les outils utilisés...

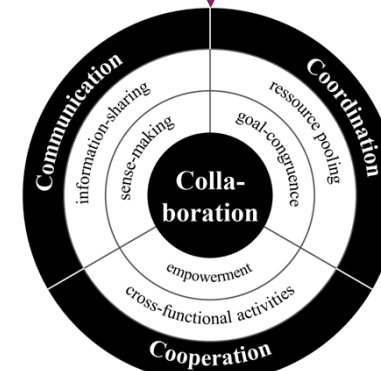
**Coopération**  
Pouvoir influencer son environnement organisationnel et collectif : implication dans l'amélioration de l'organisation du travail de son équipe, capacité à influencer sur les décisions, les modes de coopération dans le travail...

**Gouvernance**  
Pouvoir s'impliquer dans la gouvernance de son entreprise : rôle et place du dialogue social, mise en œuvre d'un mode de management participatif, présence de représentants des salariés dans les organes de gouvernance...

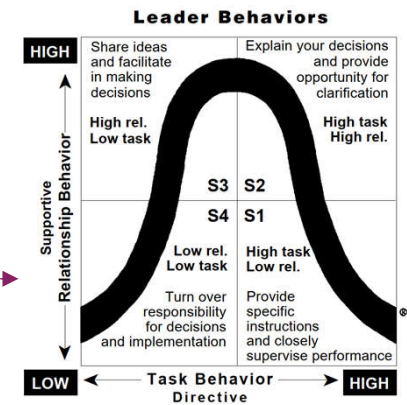
Pellerin, F. & al. (2019)



Rosin, F. & al. (2019)



Schuh, G. & al. (2014).



**Follower Readiness**

HIGH	R4	R3	R2	R1	LOW
	Able and willing or confident	Able but unwilling or insecure	Unable but willing or confident	Unable and unwilling or insecure	

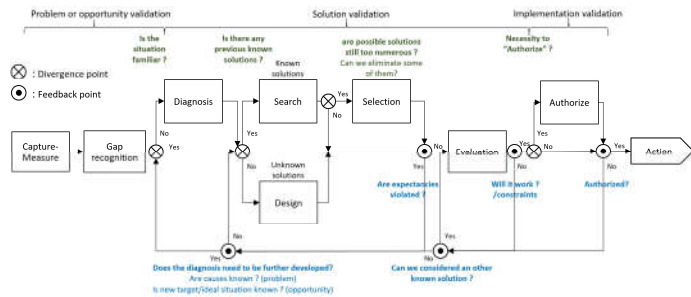
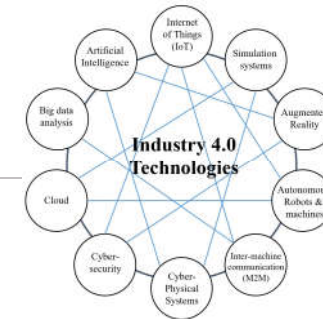
Hersey, P., & al. (1997).





# Contribution des Techs 4.0 au renforcement du processus de prise de décision

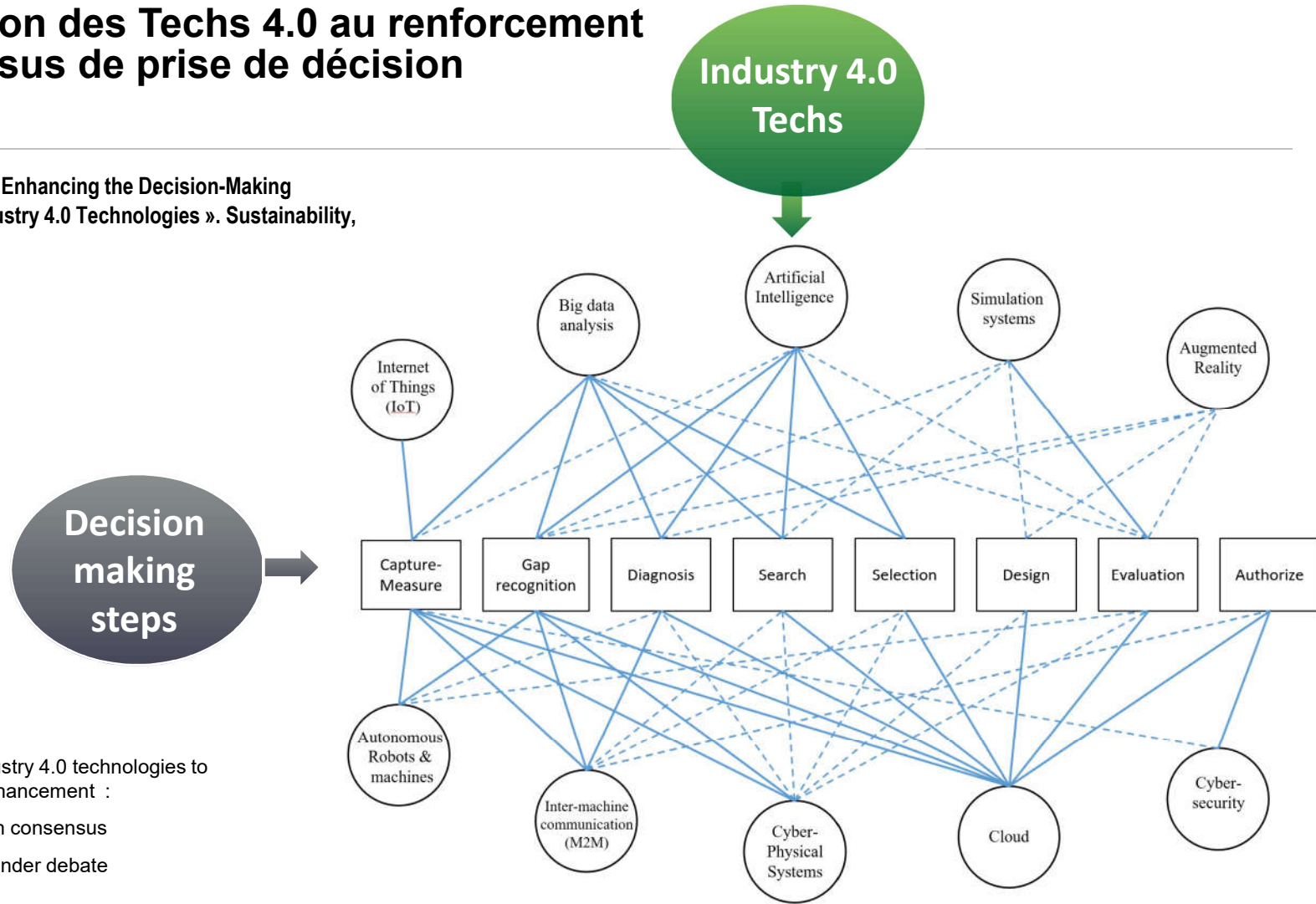
Rosin F.& al., 2022. « Enhancing the Decision-Making Process through Industry 4.0 Technologies ». Sustainability, 14(1), 461.



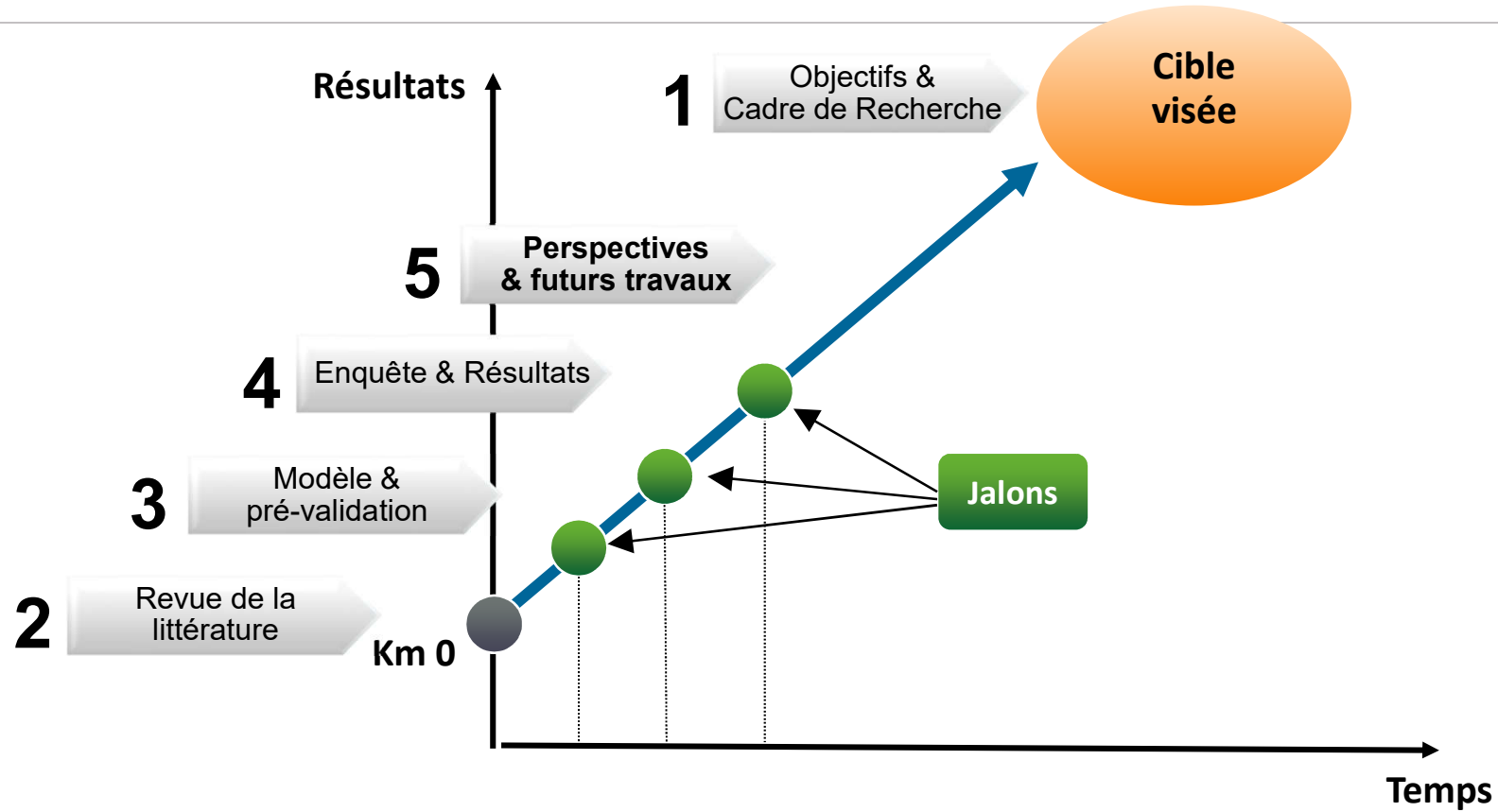
	Big data analysis	Artificial Intelligence	Internet of Things (IoT)	Simulation systems	Augmented reality	Cybersecurity	Cloud	Cyber-Physical Systems	Autonomous robots/machines	Inter-machine communication (M2M)	Estimating the potential for enhancing a step with Technologies 4.0	Rank determined by the level of consensus	"Consensus For" rank on item R1-13 to R1-20 - Managers' level of expectation on enhancing steps per tech 4.0
Capture-Measure	71%	42%	96%	5%	25%	50%	77%	89%	94%	82%	16.7%	1	3
Gap recognition	67%	79%	38%	11%	46%	20%	77%	83%	72%	88%	15.4%	2	1
Diagnostic	67%	88%	29%	42%	54%	25%	77%	56%	56%	82%	15.2%	3	2
Search	63%	71%	13%	21%	29%	10%	77%	50%	28%	59%	11.2%	6	5
Selection	63%	75%	13%	58%	29%	15%	77%	44%	17%	47%	11.6%	5	8
Design	17%	38%	13%	58%	50%	15%	77%	44%	28%	18%	9.4%	7	7
Evaluation	46%	54%	17%	89%	42%	15%	77%	44%	44%	47%	12.4%	4	4
Authorize	21%	25%	8%	0%	17%	65%	77%	28%	22%	53%	8.2%	8	6
None of these steps	0	0	0	0	4%	17%	0%	0%	0%	0%			
I don't know	0	0	0	21%	0	17%	8%	14%	14%	19%			
I don't want to answer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	12.0%	13.7%	6.5%	6.5%	8.5%	5.2%	16.5%	10.9%	9.0%	11.2%			

# Contribution des Techs 4.0 au renforcement du processus de prise de décision

Rosin F. & al., 2022. « Enhancing the Decision-Making Process through Industry 4.0 Technologies ». Sustainability, 14(1), 461.



# PLAN DE LA PRÉSENTATION



# Les Perspectives

## Renforcement du processus de décision par les technologies de l'Industrie 4.0 et autonomie au travail

- Régulièrement **renouveler le travail** mené lors de la **prévalidation du modèle**
- Déterminer **les risques, les opportunités et les facteurs critiques de succès et d'échec** dans la mise en œuvre
  - des **différents types d'autonomie**
  - de la **cybersécurité** (Industrie 4.0 dans un contexte Lean)
- Mise en œuvre du continuum Cyber Monitoring, Cyber Search, Standard Decision Support, Cyber Control propre à la **gestion de problèmes ou d'opportunités rattachés à des situations de travail standards**
- Etudier **l'évolution de ce périmètre décisionnel** pouvant être induite par le **renforcement du processus de décision par les technologies 4.0**
- **Etude plus quantitative** sur **les attentes actuelles et futures des managers** et sur les **conditions d'acceptation** de ces évolutions par les équipes opérationnelles
- **Risques et opportunités induits par différents modèles de gouvernance et de leadership** sur **l'évolution de l'autonomie des équipes et des systèmes opérationnels** dans le cadre d'un renforcement des processus décisionnels par les technologies de l'Industrie 4.0

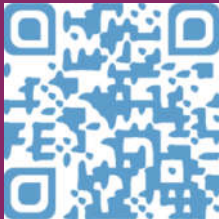
## Répercussions induites sur les différents principes du Lean

- Tester pour chaque type d'autonomie, dans quelles mesures **les technologies de l'Industrie 4.0 améliorent la mise en œuvre des principes Lean et la productivité** des entreprises
- Etudier comment les **technologies de l'Industrie 4.0** pourraient affecter la **santé et la sécurité des employés**
- Etudier dans quelle mesure le **renforcement du processus de décision par les technologies 4.0** est naturellement **en cohérence** ou à l'inverse risque de rentrer en **contradiction avec** la mise en œuvre des **différents principes du Lean**;  
En particulier principes Lean de :
  - **Processus stables et standardisés**
  - **Production lissée** (Industrie 4.0 dans le cadre d'un **système Leagile**)
- Opportunités d'amélioration et impact des technologies de l'Industrie 4.0 sur le **système de prise de décision « Ringi »**

**VERS LE LEAN 4.0 :  
RENFORCEMENT DU PROCESSUS  
DECISIONNEL PAR LES  
TECHNOLOGIES  
DE L'INDUSTRIE 4.0**

*Journées de Printemps  
de la SAGIP*

*24/05/2022*



[frederic.rosin@ensam.eu](mailto:frederic.rosin@ensam.eu)

