

Mise à niveau de systèmes médicaux complexes dans une perspective d'économie circulaire : évaluation de soutenabilité et accompagnement des pratiques industrielles et hospitalières



Valentina Calixto
Doctorante CIFRE



Bernard Yannou
Directeur de thèse,
professeur à
CentraleSupélec



Ghada Bouillass
Maitre de
conférences à
CentraleSupélec



Francois Cluzel
Maitre de
conférences à
CentraleSupélec



Robert Heidsieck
Directeur Eco-
circularité GE
Healthcare



Laurent Bourgeois
Directeur
Ingénierie
Biomédicale CHUR



Dr. Vanessa Brun
Praticien
hospitalier CHUR

Impacts environnementaux du secteur de la santé – 8% en France

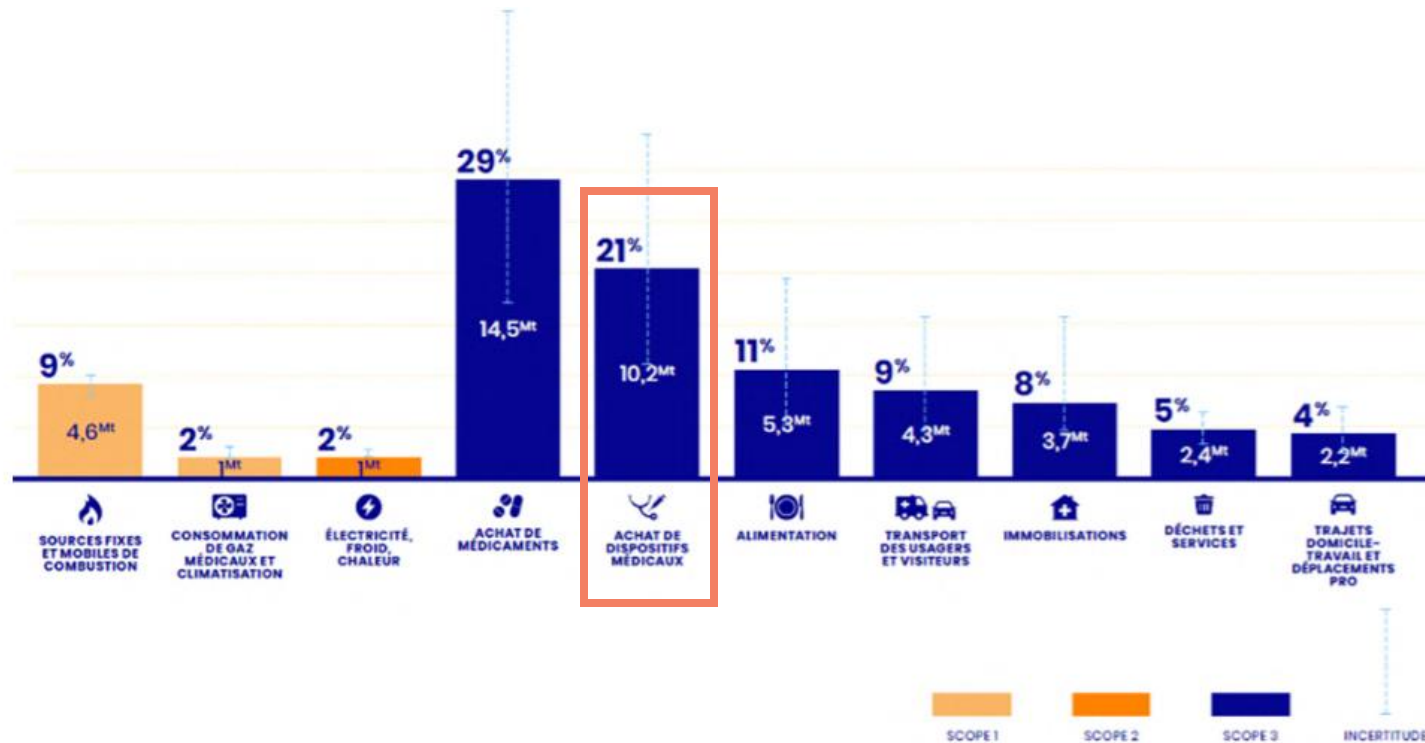


Figure 1 : Répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé français issu du rapport “Décarbonons la santé pour soigner durablement” de 2023 (MtCO₂e)¹⁴

Source : Calculs The Shift Project 2023

The Shift Project. (2025). Décarbonons les Industries des dispositifs médicaux. Rapport Final.
<https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/08/250617-TSP-RF-Decarbon-lesIndustries-de-Sante-DM-1.pdf>

Orthèses, prothèses, aides techniques		Consommables		
7%	3%	9%	5%	3%
Aides techniques	Equipements optiques	Consommables plastiques hospitaliers	Produits pour l'incontinence	Gants
	Autres			1%
DM DIV		11%	2%	1%
			Casaques et Champs	Autres
Réactifs de diagnostic, automates, etc.		Activités corporatives et R&D		
Equipements électromédicaux		12%		
4%	3%	6%		
Equipements d'imagerie	Autres équipements électro-médicaux	Activités corporatives	R&D	
Autres : DM non couverts par notre rapport				
33%				

Impacts sociaux des stratégies d'économie circulaire

➤ Obstacles à l'adoption de modèles circulaires dans les dispositifs médicaux

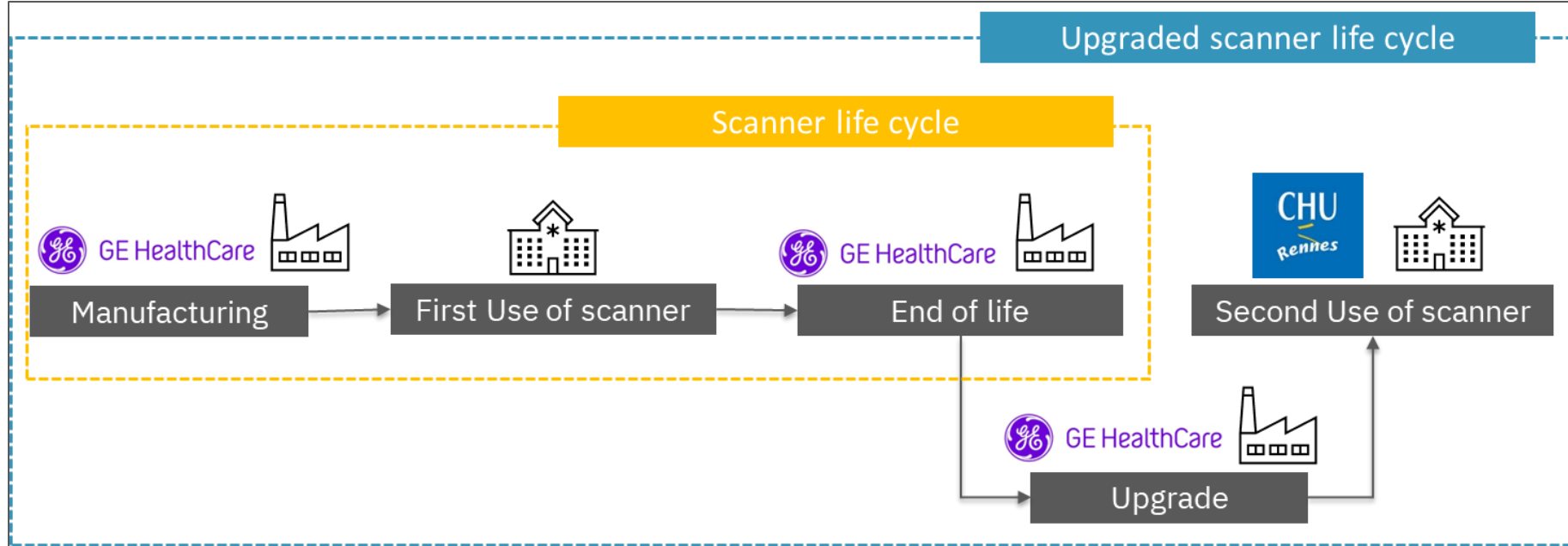
- Risques de sécurité
- Obstacles réglementaires
- La qualité des produits
- Acceptabilité sociale



➤ Importance d'intégrer la perception des parties prenantes dans la réutilisation des produits

	Category: Social barriers	Times mentioned	Interviews	Literature
6.1	Unawareness about and complexity of the circular economy	78	P2-P11, P13-P15, P17-P19, and 21	(Robertson et al., 2021; Forrester et al., 2018; Singleton et al., 2022; Hines et al., 2019; Ventimiglia et al., 2020; Lee et al., 2021; Peters et al., 2021; P, 2023)
6.2	Unclearities in or lack of taking responsibility	65	P1-P5, P7-P11, and P13-P19	(MacNeill et al., 2020; Robertson et al., 2021; Singleton et al., 2022; Hennein et al., 2022; Al-Balushi et al., 2019; Grantcharov et al., 2019; Lee et al., 2021; Hines et al., 2020; Petre et al., 2019; P, 2023)
6.3	Terminology confusion	50	P1-P3, P5-P9, P11, P14, P15, and P17-P20	(Chang et al., 2018; Peters et al., 2021)
6.4	Lack of trust/social acceptance that leads to favorable behaviors (partly due to greenwashing)	48	P7-P9, P11, P11-15, and P18-P21	(Baboudjian et al., 2022; Robertson et al., 2021; Singleton et al., 2022; Hennein et al., 2022; Parker, 2023; Farrell and Smyth, 2021; Ventimiglia et al., 2020; Grantcharov et al., 2019; Mallick et al., 2022; Hines et al., 2019; Naito et al., 2022)
6.5	Lack of or problems with stakeholder interactions	42	P1-P3, P5, P7, P8, P10, P12, P13, P18, and P19	(Washburn and Pietsch, 2018; Petre and Malherbe, 2020; Petre et al., 2019)

Hoveling, T., Svindland Nijdam, A., Monincx, M., Faludi, J., & Bakker, C. (2024). Circular economy for medical devices: Barriers, opportunities and best practices from a design perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 208, 107719. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107719>



1 Comment l'analyse de la durabilité du cycle de vie (ADCV), intégrant les dimensions environnementales, sociales et économiques, peut-elle être appliquée à un système complexe remis à niveau et reconditionné dans une perspective d'économie circulaire ?

Analyse de durabilité du cycle de vie (ADCV)



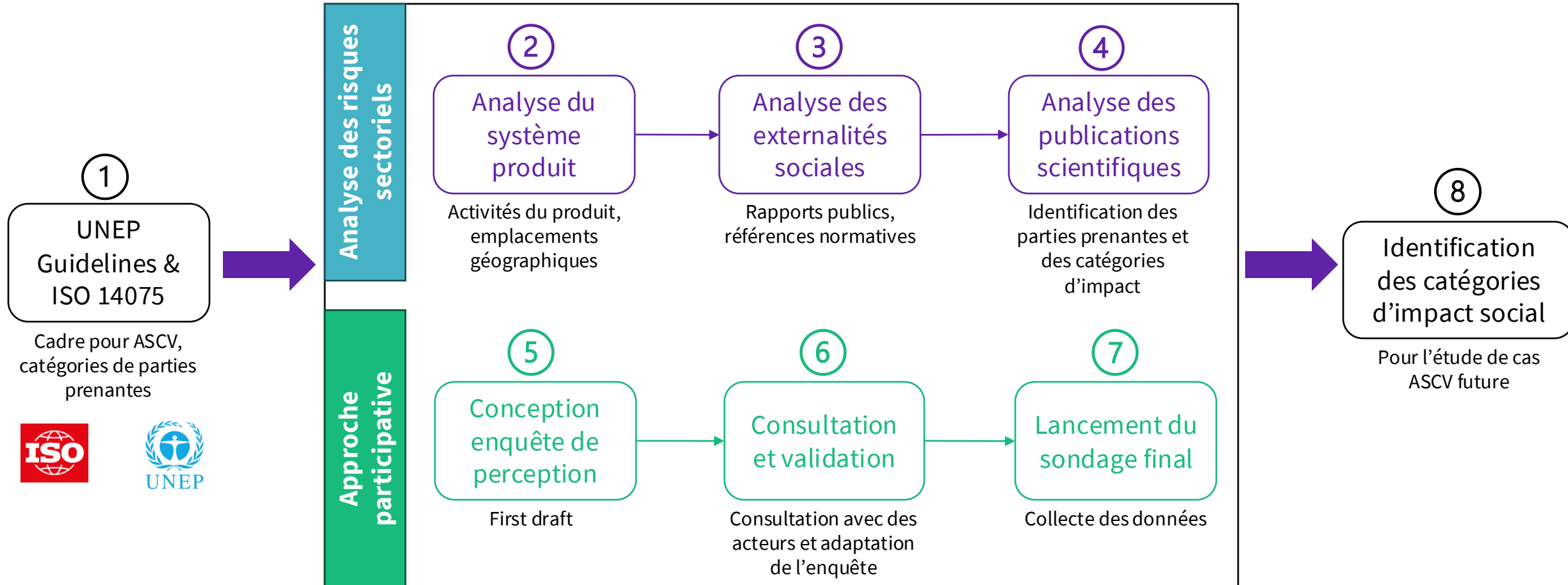
ACV, ASCV, ACCV

2 Comment les résultats de l'ADCV peuvent-ils informer et soutenir les processus décisionnels tout au long du design, de l'acquisition et de l'utilisation clinique des dispositifs médicaux dans les établissements de santé ?

Outil d'aide à la décision (industriel et hospitalier)



Méthodologie



Adapté de : Bouillass, G., Blanc, I., & Perez-Lopez, P. (2021). Step-by-step social life cycle assessment framework: A participatory approach for the identification and prioritization of impact subcategories applied to mobility scenarios. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(12), 2408–2435. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01988-w>

Professionnels de la santé	<ul style="list-style-type: none"> • Accès aux équipements d'imagerie • Confusion terminologique • Manque de confiance / acceptation • Blessures par piqûre d'aiguille (BPA) • Education a la sécurité insuffisante
Radiologues et manipulateurs	<ul style="list-style-type: none"> • Exposition à la dose de radiation • Erreur de diagnostic et scanners répétés : fatigue/stress • Tension musculosquelettique due au positionnement du patient
Ingénieurs biomédicaux	<ul style="list-style-type: none"> • Le verrouillage par les fabricants d'équipement d'origine prolonge les temps d'arrêt en restreignant l'accès aux pièces et à la documentation de service.
Patients	<ul style="list-style-type: none"> • Violations de la vie privée (DICOM et PACS) • Risque de cancer à cause d'une surutilisation/dose • Sécurité du produit de contraste (hypersensibilité et protection des néphrons) • Mauvaise expérience utilisateur; manque de mécanismes de retour d'information fiables.
Patients pédiatriques	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de cancer plus élevé dû à la radiation des CT que pour les adultes (multiplicateur de risque × 2-3 par rapport aux adultes)



Resources, Conservation & Recycling
journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/resources-conservation-and-recycling

Circular economy for medical devices: Barriers, opportunities and best practices from a design perspective

Tamara Hoveling*, Anne Svindland Nijdam, Marlou Moninx, Jeremy Faludi, Conny Bak
Delft University of Technology, Industrial Design Engineering, The Netherlands

ARTICLE INFO

Keywords:
Circular economy
Circular design
Medical devices
Sustainable healthcare
Active medical devices

ABSTRACT

In an era of electronics-driven healthcare, the disposability of many medical c
concerns. Transitioning these devices towards a circular economy, involving p
facturing, and recycling, holds promise. Our paper explores this transition thro
review, and expert interviews, examining the current state of circular design in el
unveil barriers, opportunities, and design recommendations for circularization. Fir
potential of medical devices currently on the market, implementing e.g. refuse, re
present barriers for circular medical device design, (e.g. (perceived) safety and

Résultats – 41 participants

- Connaissance limitée du concept reconditionné & expérience de ce type matériel : une forte majorité des répondants n'avaient pas une idée précise de ce que représente ce concept ou une expérience avérée de ce type de matériel
- Perception favorable sur l'achat d'un scanner reconditionné
- Bien que la plupart des parties prenantes ne perçoivent pas d'effet négatif sur la qualité des soins aux patients, une part significative reste incertaine quant à ses implications potentielles
- Incertitude des changements qui pourraient modifier la façon de travailler avec des équipes de seconde main : par exemple, nouvelles fonctionnalités ou augmentation des pannes



Critères d'achat d'un équipement reconditionné

- Les répondants privilégient principalement la performance technique, suivie de la fiabilité à long terme et de l'accès aux nouvelles technologies
- L'impact environnemental et la réduction des coûts sont perçus comme critères secondaires
- L'apparence physique est constamment considérée comme la moins importante

Deuxième Priorité :

- Médecins et ingénieurs Biomédicaux : la fiabilité à long terme en deuxième position
- Radiologues et Techniciens en imagerie : accès aux nouvelles technologies en deuxième position

Priorités intermédiaires :

- Médecins : réduction des coûts avant l'impact environnemental,
- Ingénieurs biomédicaux et Radiologues : impact environnemental avant la réduction des coûts
- Techniciens en imagerie : réduction des coûts, le dernier critère et l'apparence physique cinquième critère



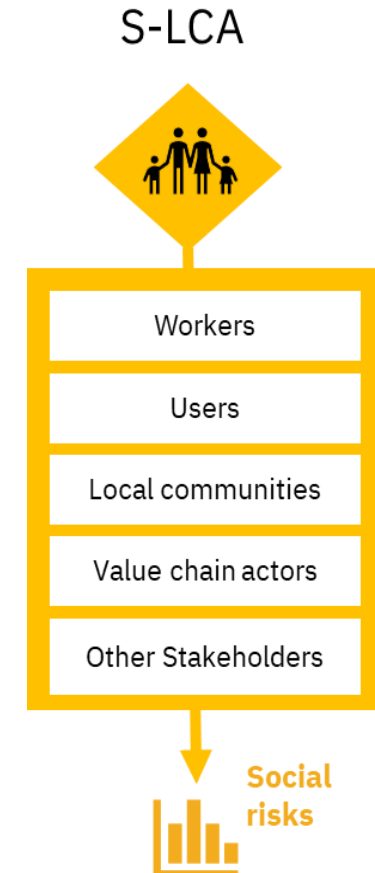
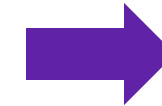
8

Identification
des catégories
d'impact social

Pour l'étude de cas
ASCV future



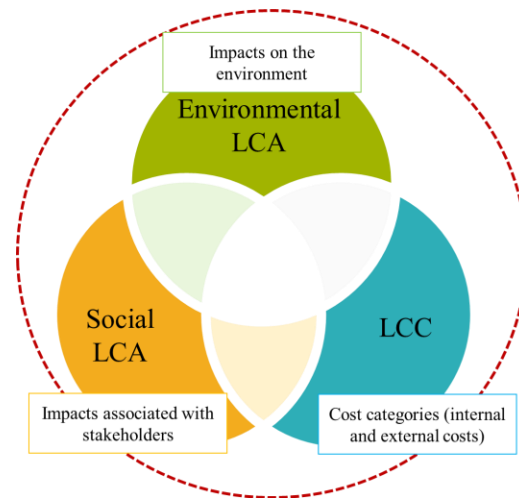
Social impact subcategory	Definition
Health & Safety	Identify risks and safety measures related to using standard or remanufactured imaging devices (needlestick injuries, radiation dose exposure, lifetime cancer risk, iodinated-contrast safety)
Working hours	Verify working conditions for healthcare professionals operating remanufactured equipment (stress, long shifts, burnout)
Customer privacy	Ensure compliance with patient data protection, focusing on DICOM and PACS privacy risk
Feedback mechanism	Evaluate how remanufacturing company collect and act on feedback from customers (hospitals, indirectly patients)
Health issues for children as consumers	Understand psychological health of children as consumers, considering pediatric risks (sedations events, lifetime cancer)
Transparency	Communication about safety, terminology, and equipment history in a transparent way



- Risques sectoriels liés à l'organisation et au produit
- La fiabilité technique représente un facteur d'acceptation universel, les critères secondaires varient selon la partie prenante
- Importance des approches participatives pour favoriser l'adoption des dispositifs médicaux remis à neuf

Evaluation de durabilité

- Développement d'un cadre méthodologique pour évaluer la **durabilité** des systèmes médicaux complexes



Modèles d'aide à la décision

- Développement des modèles d'aide à la décision pour aider les professionnels hospitaliers et les industries à intégrer des critères de durabilité dans les processus décisionnels liés à la **conception et à l'acquisition** des dispositifs médicaux
- Développement d'un tableau de bord pour aider aux praticiens à réduire leur impact pendant **l'utilisation clinique** des dispositifs médicaux

Merci !



GE HealthCare

