



Avancées et limites de la technologie dans la prévention des chutes à l'hôpital

Céline REZETTE
Patrick FEIEREISEN

Centre Hospitalier de Luxembourg

- 1 - Problèmes des chutes à l'hôpital**
- 2 - Technologies et IA utilisées dans la détection et prévention des chutes – données de la littérature**
- 3 - Expérience CHL – démarche**
- 4 - Expérience CHL – Résultats**
- 5 - Conclusions**



- Chute:

événement à l'issue duquel une personne se retrouve, par inadvertance, sur le sol ou toute autre surface située à un niveau inférieur à celui où elle se trouvait précédemment.

- Conséquences:

- Complications de l'état de santé du patient
- Impact psychologique, social et économique (Syndrome post-chute, impact autonomie, incapacité, décès)
- Coûts des traumatismes dus aux chutes (prolongation de l'hospitalisation, prises en charges chirurgicales, etc)

- A l'hôpital = événement sentinelle

- Problématique de sécurité des patients et qualité des soins

- **Monitoring du nombre de chutes depuis 2005**
 - ✓ Indicateur du programme National incitants qualité de la Fédération des Hôpitaux Luxembourgeois
- **Mise en place d'un assessment du risque de chute pour tous les patients hospitalisés en 2018**
 - ✓ (Accréditation JCI - prévention et gestion des chutes = IPSG (International Patient Safety Goals))
- **Renforcement de la détection et prévention du risque de chute fin 2021**
 - ✓ Visite de ré-accréditation JCI novembre 2021 - Exigence de l'atteinte de 90% pour les IPSG

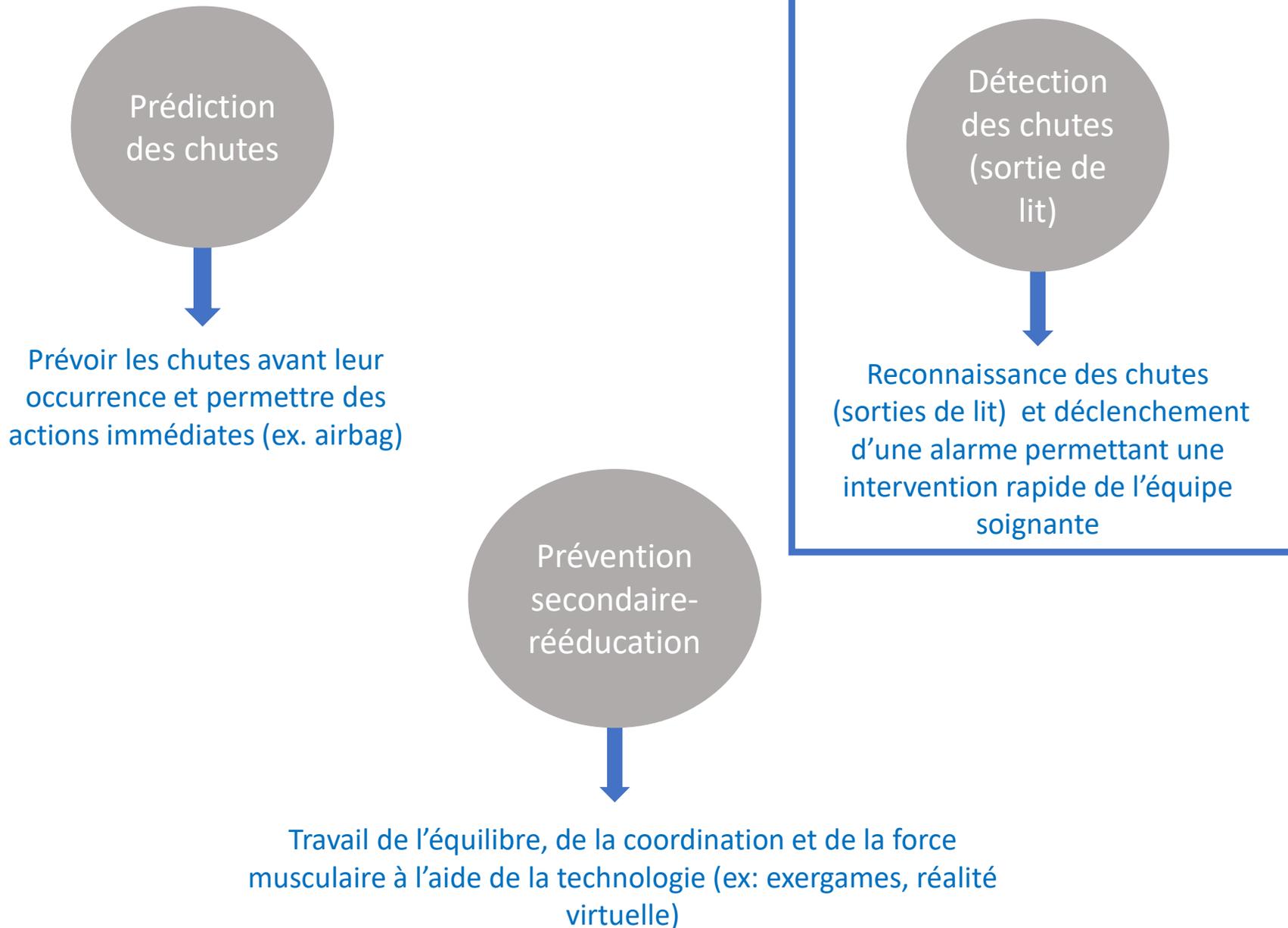
Domaine	Actions proposées
Dépistage et évaluation	<ul style="list-style-type: none">• Evolution vers Hendrich II• Revue et (re)paramétrage assessment• Screening ambulatoire
Intervention pluridisciplinaire (littérature)	<ul style="list-style-type: none">• Revue du guide prévention chutes et plan de soins SAP• Plan d'action pluridisciplinaire• Revue politique chutes stationnaire et ambulatoire (JCI)
Education équipes: procédure, outils de dépistage et prise en charge chute	<ul style="list-style-type: none">• Formation pluridisciplinaire sur:<ul style="list-style-type: none">• Plan de soins prévention chute• Outils d'évaluation• Raisonnement clinique• Implication famille: anamnèse, si chute et sortie• Procédure déclaration – analyse chutes• Révision flyer chutes –
Environnement: matériel	<ul style="list-style-type: none">• Sélection et achat matériel (standardisation)• Recherche nouvelles technologies prévention chutes
Monitoring	<ul style="list-style-type: none">• Suivi indicateurs• Comité pilotage

**Utilisation de la
technologie et de
l'intelligence artificielle
pour la prévention des
chutes à l'hôpital**

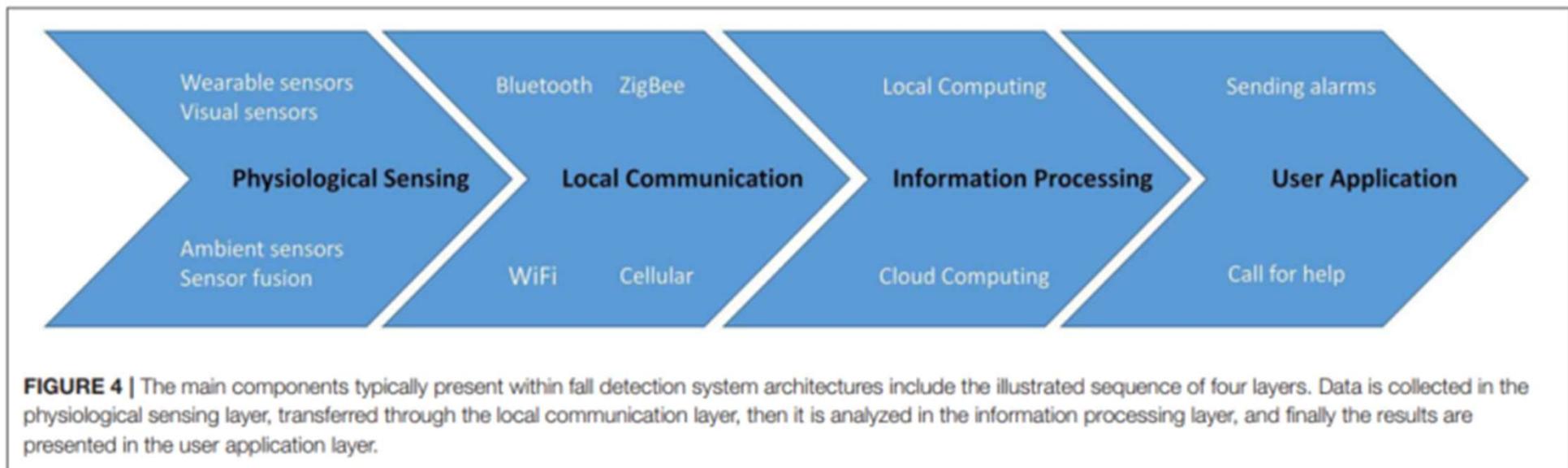
**Une approche innovante
pour améliorer la sécurité
des patients**



2 - Technologies et IA utilisées dans la détection et prévention des chutes

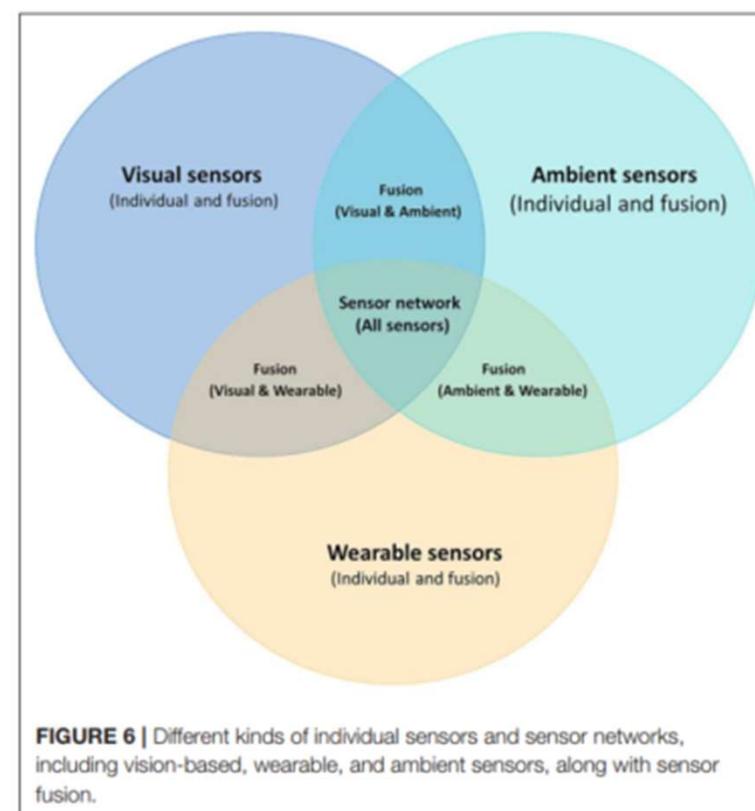


Architecture des systèmes de détection et prévention des chutes



Détection physiologique («Physiological sensing»)

1. Capteurs de pression
 2. Accéléromètres
 3. Gyroscopes
 3. Capteurs visuels
 4. Capteurs «ambiants» («ambient sensor»)
- } *Portable («wearable»)*

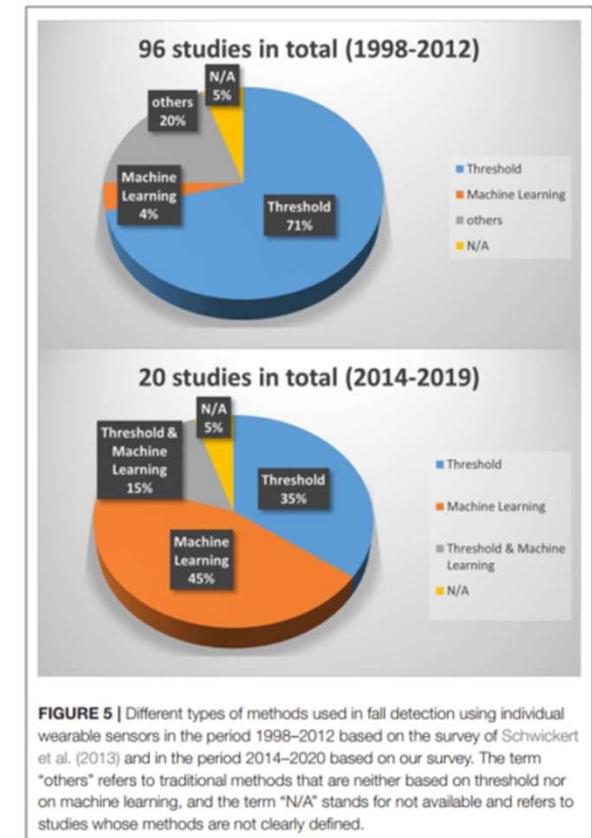


Comment l'IA peut aider à prévenir ou détecter les chutes?

Niveau de traitement de l'information

(«Information Processing Layer»)

1. Algorithmes basés sur des seuils (capteurs isolés)
2. Algorithmes basés sur les données
«Machine learning» (combinaison de capteurs)
3. «Deep learning» (capteurs visuels)



2 - Technologies et IA utilisées dans la détection et prévention des chutes

Résultats d'études dans l'utilisation de systèmes portables de détection des chutes

TABLE 1. Wearable sensor-based fall detection and prediction system

Author, Journal, Year	Sensors and Locations	Study Population	Faller Classification	Overall Validity in Fall Detection and Prediction
Doheny et al., 2013 ³⁶	Two triaxial accelerometers: lateral right thigh and sternum	N = 39 (11 women and 28 men) Mean ± SD age: 73.6 ± 6.6 yrs	Based on history (retrospective)	Accuracy: 74.4% Sensitivity: 68.7% Specificity: 80.0%
Simila et al., 2014 ³⁷	3-D accelerometer: lower back	N = 54 Age range: 27.5–75.8 yrs	Prospective	Accuracy: 60.8%–87.2% Sensitivity: 42.1%–89.5% Specificity: 62%–96.6% Area under the curve: 0.66–0.89
Liu et al., 2014 ³⁸	Three axis accelerometers: waist	N = 68 Mean ± SD age: 80.1 ± 4.4 yrs	Retrospective	Accuracy: 78% Sensitivity: 59% Specificity: 90%
Howcroft et al., 2017 ³⁹	Four triaxial accelerometers (X16-1C): left and right shank, head, and pelvis; pressure sensing insole (F-scan)	N = 100 (56 women and 44 men) Mean ± SD age: 75.5 ± 6.7 yrs	Retrospective	Accuracy: 70%–78% Sensitivity: 16%–55% Specificity: 68%–91%
Drover et al., 2017 ⁴⁰	Accelerometers (X16-1C): lower legs and pelvis	N = 76 Mean ± SD age: 74.15 ± 7.0 yrs	Prospective	Accuracy: 77.3% Sensitivity: 66.1% Specificity: 84.7%
Greene et al., 2017 ⁴¹	Two inertial sensors (accelerometer and gyroscope): left and right anterior shanks	N = 422 (308 women and 114 men) Mean ± SD age: 73.6 ± 7.4 yrs	Retrospective	Accuracy: 76% Sensitivity: 36%–74% Specificity: 62%–86%
Qiu et al., 2018 ⁴²	9 degrees of freedom (3-axis acceleration, 3-axis angular velocity, and 3-axis magnetism) Five inertial sensors (Xsens): each lower back, upper legs and lower legs	N = 196 (women only) Mean ± SD age: 72.4 ± 4.8 yrs	Retrospective	Accuracy: 89.4% Sensitivity: 92.7% Specificity: 84.9%
Howcroft et al., 2016 ⁴³	Pressure sensing insole, triaxial accelerometers: head, pelvis, shank, shoe	N = 100 Mean ± SD age: 75.9 ± 6.7 yrs	Retrospective	Accuracy: 72%–84% Sensitivity: 33%–100% Specificity: 74%–100%
Howcroft et al., 2017 ⁴⁴	Pressure sensing insole, triaxial accelerometers: head, pelvis, shank, shoe	N = 100 Mean ± SD age: 75.5 ± 8.2 yrs	Retrospective	Accuracy: 49.2%–56.5% Sensitivity: 27.0%–46.3% Specificity: 52.7%–66.6%

Résultats d'études dans l'utilisation de capteurs « ambiants » de détection des chutes

TABLE 2. Ambient sensor-based technology to detect falls

Author and Year	Sensory Type	Overall Validity in Fall Detection and Prediction
Droghini et al., 2017 ⁴⁵	Acoustic sensory floor	Accuracy: 89.9% < (depending on background noise)
Irtaza et al., 2017 ⁴⁶	Microphone	Accuracy: 97.41%
Chaccour et al., 2015 ⁴⁷	Piezoresistive pressure sensor in smart carpet	Sensitivity: 88.8% Specificity: 94.9%
Muheidat et al., 2016, ⁴⁸ 2018 ⁴⁹	Sensor pad floor (Smart carpet)	Accuracy: 82%–96.2% Sensitivity: 95% Specificity: 85%
de Miguel et al., 2017 ³⁴	Depth camera with processing units	Accuracy: 96.9% Sensitivity: 86.6% Specificity: 97.6%

Quid des capteurs visuels?

Human Fall Detection Using Passive Infrared Sensors with Low Resolution: A Systematic Review

- Etudes très hétérogènes en ce qui concerne les procédures expérimentales et les méthodes de détection -> difficile d'établir des conclusions formelles
- Sauf pour deux études, les performances globales rapportées pour la détection des chutes dépassaient 85-90% de l'exactitude, de la précision, de la sensibilité ou de la spécificité
- Toutes les études ont testé leurs systèmes dans des conditions contrôlées,
 - le plus souvent dans des pièces vides (à l'exception de deux études)
 - température constante
 - peu de sujets et sujets sains
 - seulement chute « avant » évaluée
- **Pas d'études de « vrai vie » inclus dans la revue systématique**

Défis des nouvelles technologies

- La rareté des données sur les chutes réelles
- Détection en temps réel
- Sécurité et confidentialité
- Fusion de plusieurs types de capteurs
- Limitation de l'emplacement des capteurs





**Capteurs visuels infrarouge à
résolution faible**

Périmètre de la technologie testée au CHL: capteurs visuels infrarouge à résolution faible



Détection de chutes:

Dès qu'une chute est détectée, une alerte est envoyée automatiquement au personnel soignant



Levée de doutes:

Permet de vérifier ce qui se passe dans la pièce en temps réel



Détection des sorties de lit:

Le système détecte lorsqu'un patient se lève du lit et prévient le personnel soignant pour qu'il puisse réagir et éviter la chute



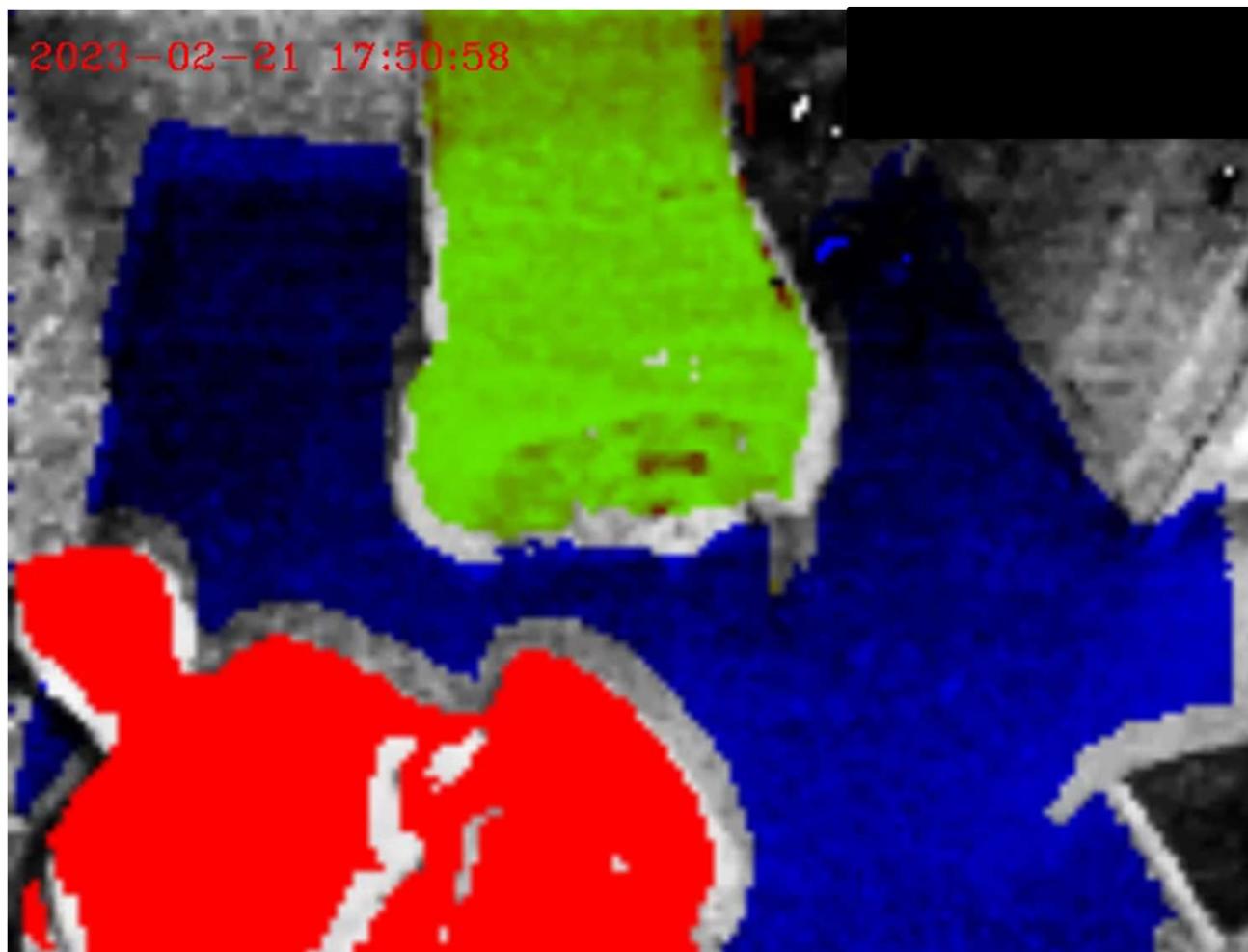
Suivi des activités et analyse des séquences:

Statistiques des alertes et revue des séquences de chutes pour comprendre les circonstances de la chute

Architecture de la technologie testée au CHL



Exemple:



54 capteurs installés dans 4 unités de médecine qui représentaient 46% des déclarations de chutes

A:

Unité complètement équipée:

19 capteurs
1 capteur/lit

B:

15 capteurs
7 chambres seules et 4
chambres à 2 lits
1 capteur/lit

C:

5 capteurs
5 chambres seules équipées
1 capteur/lit

D:

15 capteurs
15 chambres doubles équipées:
1 caméra par chambre
1 lit/2 équipé

Préparation:

- Installation des capteurs dans les chambres et de la centrale, présentation de l'outil aux équipes et formation à son utilisation
- Planification d'une enquête de satisfaction du personnel à la fin de la phase test

Phase test 1 octobre-décembre 2022 : analyse rétrospective

	A	B	C	D	Total
Chute dans périmètre du dispositif	29	7	7	7	50
Chute hors périmètre du dispositif (lit non équipé)	8 (0)	9 (8)	5 (3)	6 (6)	28
Total	37	16	12	13	78

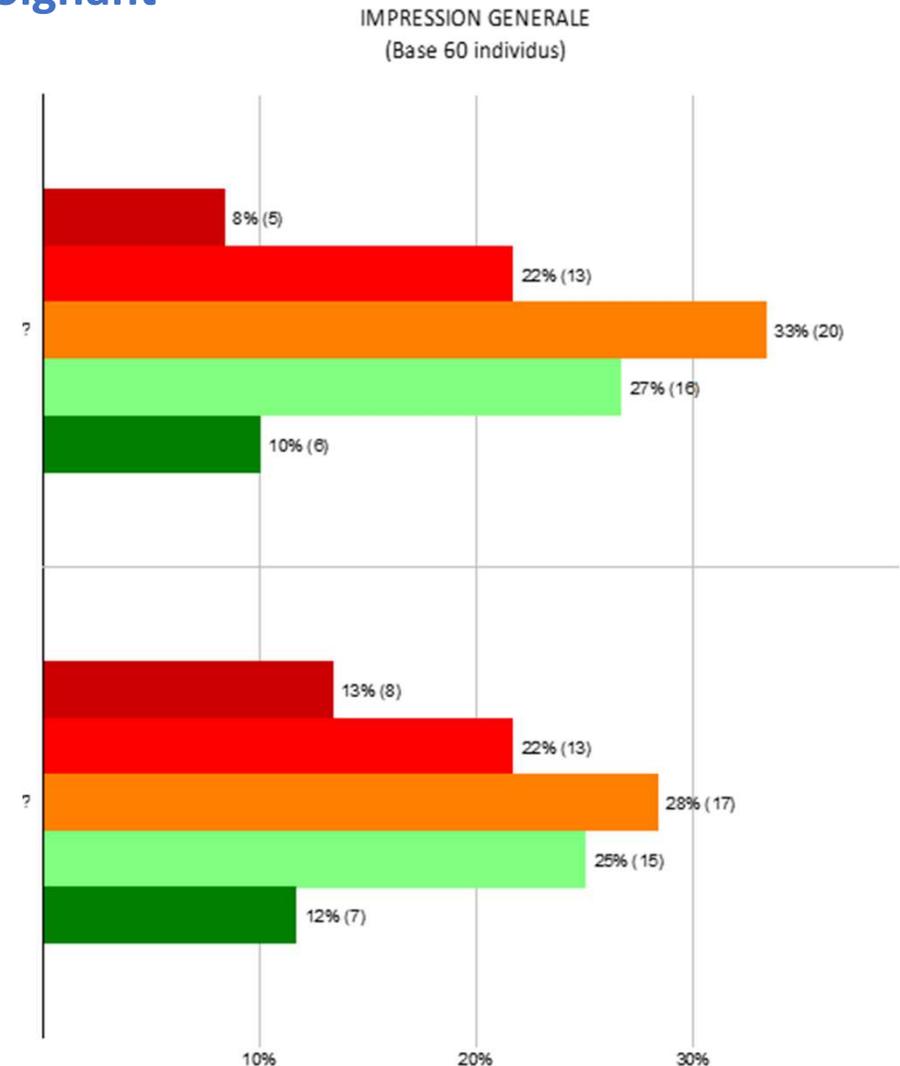
Phase test 1 octobre-décembre 2022 : analyse rétrospective

	Chute	Non Chuteur	
Alarme	Vrai positif N=42	Faux positif N=6	Valeur prédictive positive $(42/48)*100=$ 87%
Pas d'alarme	Faux négatif N=10 (?)	Vrai négatif N= 480	Valeur prédictive négative $(480/490)*100=$ 98%
	Sensibilité $(42/52)*100$ = 81%	Spécificité $(480/486)*100=$ 99%	

Phase test 1 octobre-décembre 2022 : analyse rétrospective Résultats enquête satisfaction personnel médico-soignant

■ Pas du tout d'accord ■ Pas d'accord ■ Neutre ■ D'accord ■ Tout à fait d'accord

- Etes-vous satisfaits de l'utilisation du dispositif?
- Sur base de votre expérience, pensez-vous que le dispositif devrait être implanté au CHL?



Sur 60 individus: 1/3 Pour -1/3 Neutre 1/3 Contre

Phase test 1 octobre-décembre 2022 : analyse rétrospective

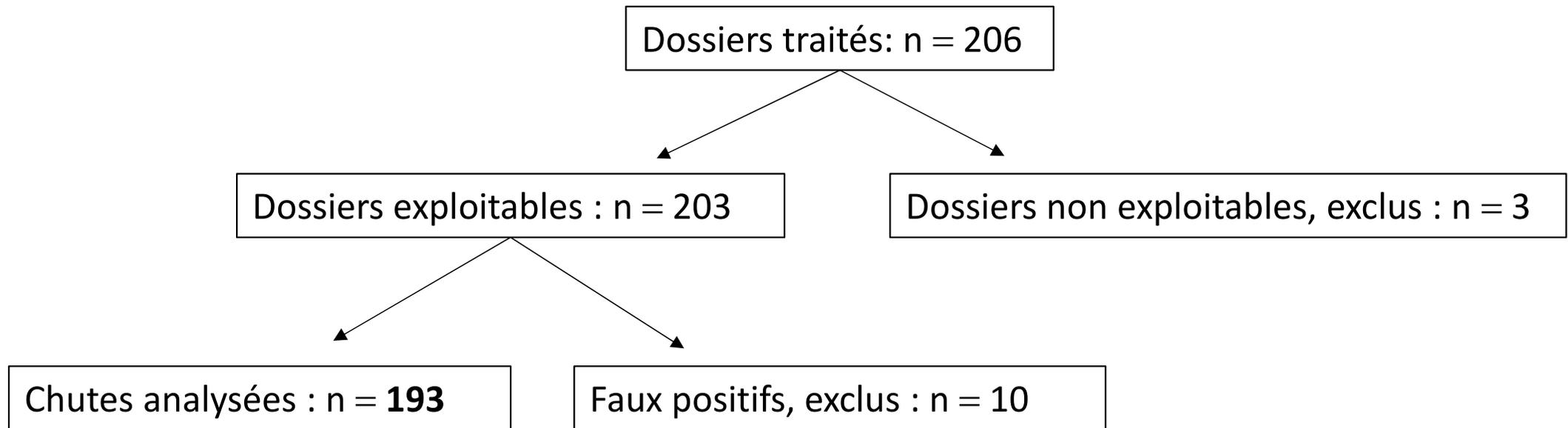
Comparaison avant/après de la moyenne mensuelle du nombre de chutes de ces 4 unités :

- Période avril – septembre (avant l'installation du dispositif) : **31 chutes** en moyenne par mois pour ces 4 unités
- Période octobre – décembre (après l'installation du dispositif) : **26 chutes** en moyenne par mois pour ces 4 unités

Diminution de 16%

Légère tendance à une diminution du nombre de chutes mais période d'observation trop courte pour en tirer des conclusions robustes

Phase test 2 (29 mai au 19 novembre 2023): analyse prospective



Unités	Nombre	%
A	76	39,4%
B	53	27,5%
C	20	10,4%
D	44	22,8%
Total	193	

Phase test 2 (29 mai au 19 novembre 2023): analyse prospective

	A	B	C	D	Total
Chute dans périmètre du dispositif	63	21	10	12	106 (55,8%)
Chute hors périmètre du dispositif	13	32	10	29	84 (44,2%)
Total	76 (39,4%)	53 (27,5%)	20 (10,4%)	41 (22,8%)	190

Phase test 2 (29 mai au 19 novembre 2023): analyse prospective

	A	autres
Chute dans périmètre du dispositif	63	43
Chute hors périmètre du dispositif	13	71
Rapport dans périmètre/ hors périmètre	83%	38%

p<0,001

Phase test 2 (29 mai au 19 novembre 2023): analyse prospective

« Accuracy »: 96,6% $(VP+VN/VP+FP+VN+FN)$

	Chuteur	Non Chuteur	
Alarme	Vrai positif N=71	Faux positif N=10	Valeur prédictive positive $(71/81)*100=$ 88%
Pas d'alarme	Faux négatif N=35*	Vrai négatif N=1199	Valeur prédictive négative $(1199/1234)*100=$ 97%
	Sensibilité $(71/106)*100=$ 67%	Spécificité $(1199/1209)*100=$ 99%	

* 15/35 faux-négatifs = problème technique

Problèmes techniques

unité	n=27
A	7
B	10
C	4
D	6

mois	N=
juin	2
juillet	5
août	4
septembre	6
octobre	5
novembre	4 ← Mi-novembre

Types de problèmes techniques:

- Délai des alarmes
- Connectivité Wifi
- Calibrage
- Capteurs défectueux
- Vidéo non accessible pour revue
- Kiosk non disponible
- Dysfonction système
- « trigger » image

Avis IT:

Proof of concept: décision d'utiliser WIFI, si acquisition système testé, le système devrait fonctionner par réseau filaire coûts supplémentaire câble (1000Euros/câble) + switchs réseau

Support technique rôle à définir:

Fabriquant/CHL

(ceci n'était pas le cas en période d'essai d'où délai de prise en charge de certains problèmes techniques)

Analyse de l'incidence des chutes déclarées pour les 4 unités cumulées avant/pendant le test

	Période Juin/nov 2022 (avant les phases tests)	Période Juin/nov 2023) (après les phases tests)
Nombre de chutes/mois (4 unités)	27,0	32,6
Nombre de chutes/1000j hospitalisation	10,6	12,7
Chutes/mois Unité A (équipée complètement: 1 capteur/lit)	11,7	12,7
Autres unités (équipées partiellement)	15,3	19,7

- Indicateur national, benchmark CHL global: 4,1 chutes/1000j hospit
- Chiffres des déclarations de chutes

NB:12/193 chutes: identifiées par le dispositif mais non déclarées par les soignants

Constats en fin de 2^{ème} phase test

- Augmentation de la détection et de la déclaration des chutes
- Pas de diminution du nombre de chutes observés/mois
- Pas d'informations sur les chutes évitées grâce à la sortie de lit
- Equiper partiellement les chambres ne fait pas de sens, trop d'événements en dehors du champ des capteurs
- Problèmes techniques en augmentation en fin de période d'essai phase II

Le capteur infrarouge permet :

+ **une surveillance en temps réel** - Intervention rapide en cas de chute avec réduction du risque de syndrome post-chute

+ **une analyse des circonstances des chutes détectées (vidéo)**
circonstances de la chute, impact tête, , favorise l'échange pluridisciplinaire et la réflexion clinique en vue de la mise en place d'actions de prévention pertinentes

→ **Importance d'intégrer la technologie et l'IA dans les stratégies de prévention des chutes pour que la machine apprenne**

Mais...

- Problèmes techniques, la nécessité de ressources en support technique et de maintenance sur le terrain est un point à améliorer
- Ne permet pas encore de prévenir les chutes
- Ne réduit pas la charge du personnel soignant
- Nécessite actuellement vérification humaine, des ressources et un monitoring rigoureux de l'utilisation du dispositif
- Reste lié à une réaction et disponibilité humaine
- Coûts d'implémentation important, balance coût-bénéfice ?

→ **Dilemme**



- Système de détection chutes
- Intervention rapide du personnel CHL en cas de chute
- Diminution du syndrome post-chute
- Revue vidéo de la chute (vérification impact tête du patient et circonstances de la chute)
- Détection de chutes passées inaperçues (le patient se relève seul)



- Résultats de l'enquête satisfaction personnel
- Champs de détection limité - chutes hors champs du capteur (salle de bain, couloir) + quelques chutes non détectées dans le champ du capteur
- Délai alarme - connexion
- Cout du dispositif
- Pas de réduction flagrante du nombre de chutes sur la période d'essai

Système de détection des chutes à très bon potentiel, mais prévention des chutes pas encore mature - nécessite de l'ajuster et de développer des fonctions pertinentes au milieu aigu hospitalier.

Questions ?