

Conception d'une station d'analyse IR des fuites sur appareil de protection respiratoire N95

Présenté par : Aymeric Tingry & Rihab Baccari & Hana Benmoussa



Sommaire :

1. EQUIPE

2. CONTEXTE

3. OBJECTIFS

4. SOLUTIONS

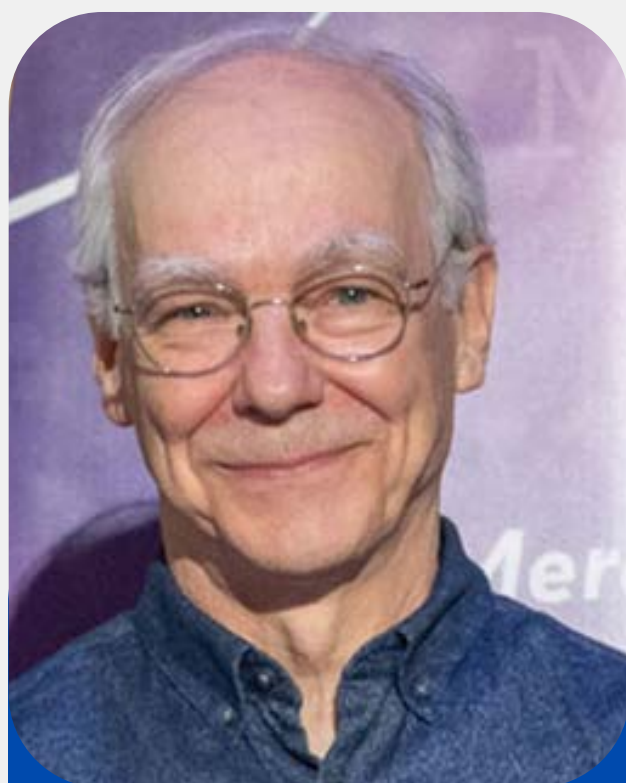
5. METHODOLOGIE

6. CONCLUSION

Équipe de recherche.



Yacine Yaddaden
Professeur et chercheur



Jean Brousseau
Professeur et chercheur



Ali Bahloul
Chercheur



Clothilde Brochot
Chercheur



Xavier Maldague
Professeur et chercheur

Étudiants.



Hana Benmoussa

Étudiante à la maîtrise en
informatique (volet recherche)
à l'UQAR – Campus de Lévis



Rihab Baccari

Étudiante à la maîtrise en
informatique (volet recherche)
à l'UQAR – Campus de Lévis



Sarra Hassine

Étudiante à la maîtrise en génie
(volet recherche) à l'UQAR –
Campus de Rimouski



Aymeric Tingry

Étudiant à la maîtrise en génie
(volet recherche) à l'UQAR –
Campus de Rimouski



Partenaires.



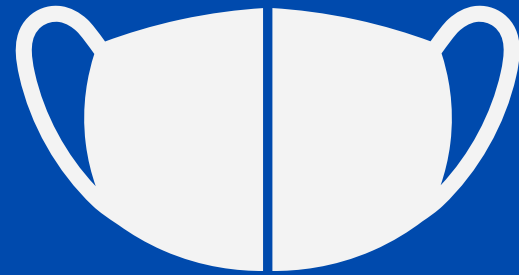
Université d'accueil assurant le cadre académique et le développement du projet de recherche.

Organisme de recherche apportant une expertise en santé et sécurité du travail et contribuant à la validation scientifique.

Partenaire académique offrant un appui scientifique et une expertise complémentaire.

Organisme de financement soutenant la recherche collaborative et l'innovation.

Contexte.



PROTECTION

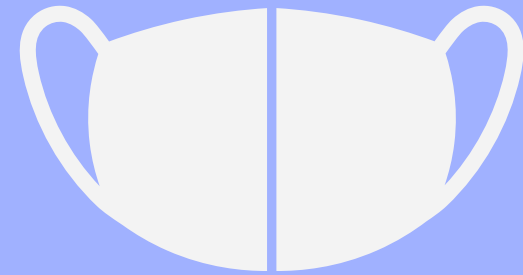


ACCESSIBILITÉ



RÉSULTATS

Contexte.



PROTECTION

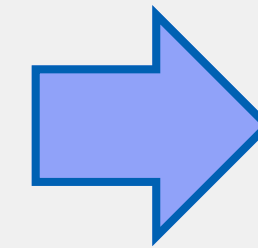
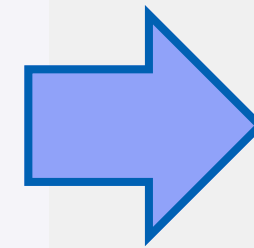
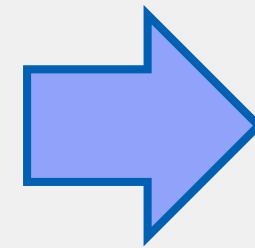


ACCESSIBILITÉ



RÉSULTATS

Contexte.



**L'ajustement du N95
peut être évalué par :**

- **test qualitatif
(QLFT)**
- **test quantitatif
(QNFT)**

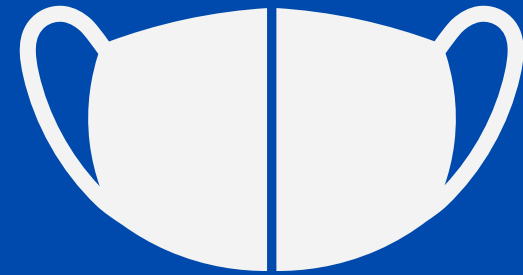
Contexte.

Après sélection du N95, l'utilisateur doit réaliser un fit check avant chaque usage.



- ! Près de 50 % des porteurs ne réaliseraient pas une vérification adéquate
- ! La littérature rapporte une faible sensibilité, une faible précision et une faible valeur prédictive
- ! Il est jugé peu fiable pour confirmer une bonne étanchéité ou détecter des fuites.

Contexte.



PROTECTION



ACCESSIBILITÉ



RÉSULTATS

Contexte.



**Dépendance
humaine**

**LE TEST NÉCESSITE UN PERSONNEL QUALIFIÉ POUR
ENCADRER CHAQUE ÉTAPE.**

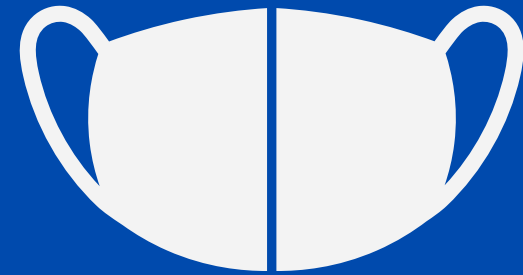
**Organisation
lourde**

**PRÉPARATION DU MATÉRIEL, ACCOMPAGNEMENT DES
UTILISATEURS, INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.**

Conséquence

**UNE PROCÉDURE PEU AUTONOME, DIFFICILE À
GÉNÉRALISER DANS LES POSTES DE TRAVAIL.**

Contexte.



PROTECTION



ACCESSIBILITÉ



RÉSULTATS

Contexte.



AFFICHAGE

**PEU D'INFORMATIONS,
LOCALISATION, QUANTIFICATION**

EXPLOITATION

**DESTRUCTION DE
L'APR, LENTEUR DE
TEST, PERMET
SEULEMENT UNE
PRÉVENTION ET
NON UNE
VÉRIFICATION**

**ENJEU :
CETTE SITUATION FREINE L'ACCESSIBILITÉ DU FIT-TEST ET SON
DÉPLOIEMENT À PLUS GRANDE ÉCHELLE.**

Notre objectif.

Développer une méthode de vérification de l'étanchéité des masques respiratoires :

PLUS RAPIDE :

Réduire le temps de préparation et de test

PLUS AUTONOME :

Limiter la dépendance à un équipement lourd et à une expertise centralisée

PLUS INTELLIGENTE :

Détecter automatiquement les fuites et, à terme, les localiser et les quantifier



AUTONOMIE

EFFICACITÉ

AUTOMATISATION

Notre objectif.



SEGMENTATION

Délimiter les régions du masque automatiquement



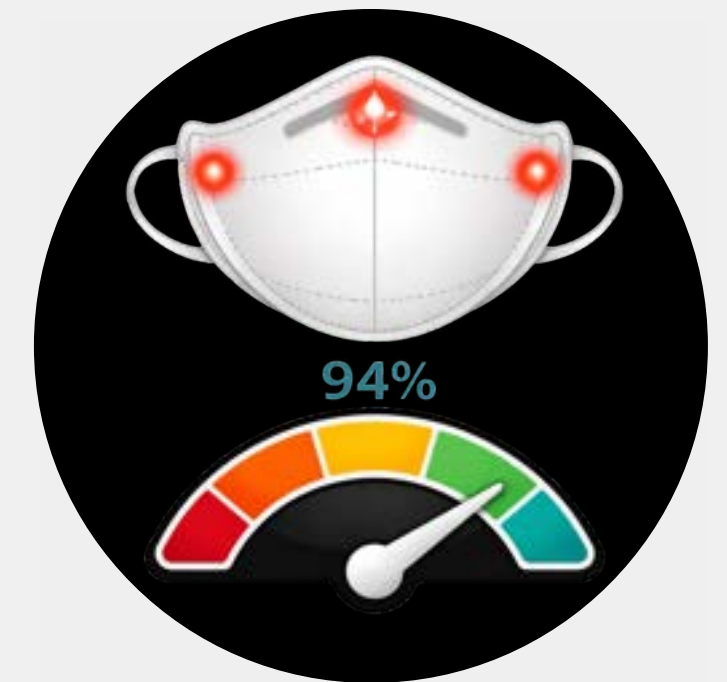
DÉTECTION

détecter les zones de fuite par imagerie IR thermique



LOCALISATION

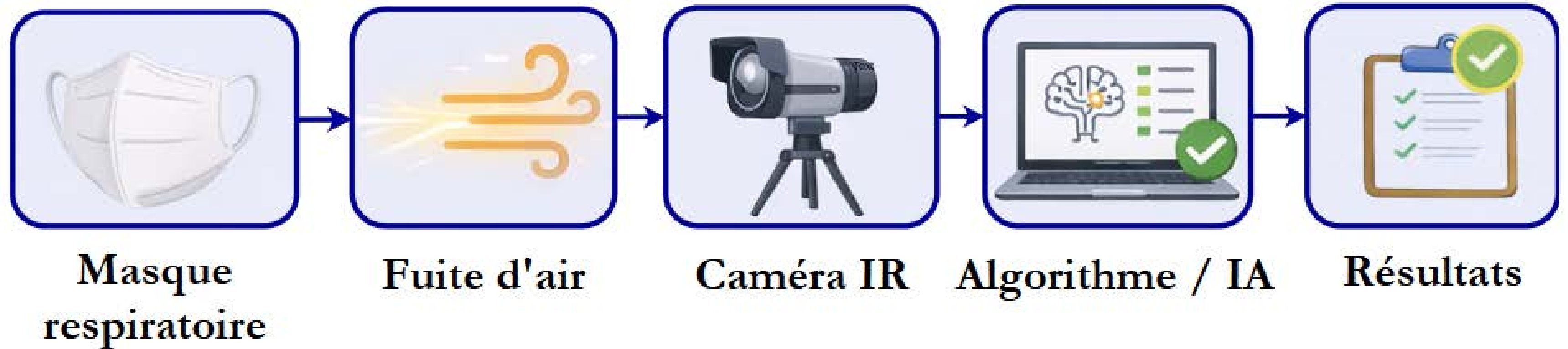
Cartographier précisément la position des fuites détectées



QUANTIFICATION

Mesurer et scorer l'étanchéité globale du masque N95

Solution Proposée.



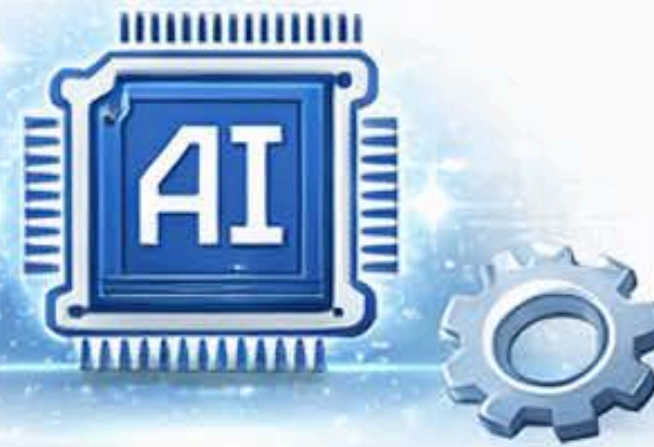
→ **Approche basée sur l'imagerie infrarouge et l'intelligence artificielle pour la détection des fuites d'air.**

Solution Proposée.



1. Acquisition IR

Exploiter l'imagerie infrarouge pour visualiser le flux thermique autour du masque



2. Analyse (IA)

Traitement par algorithme pour segmenter, détecter, localiser, quantifier les zones de fuite



3. Station automatisée

Station portable, rapide et automatisée, adaptée aux milieux de travail.

Méthodologie.



Acquisition



Méthodologie.

Technique utilisée :

Concept physique

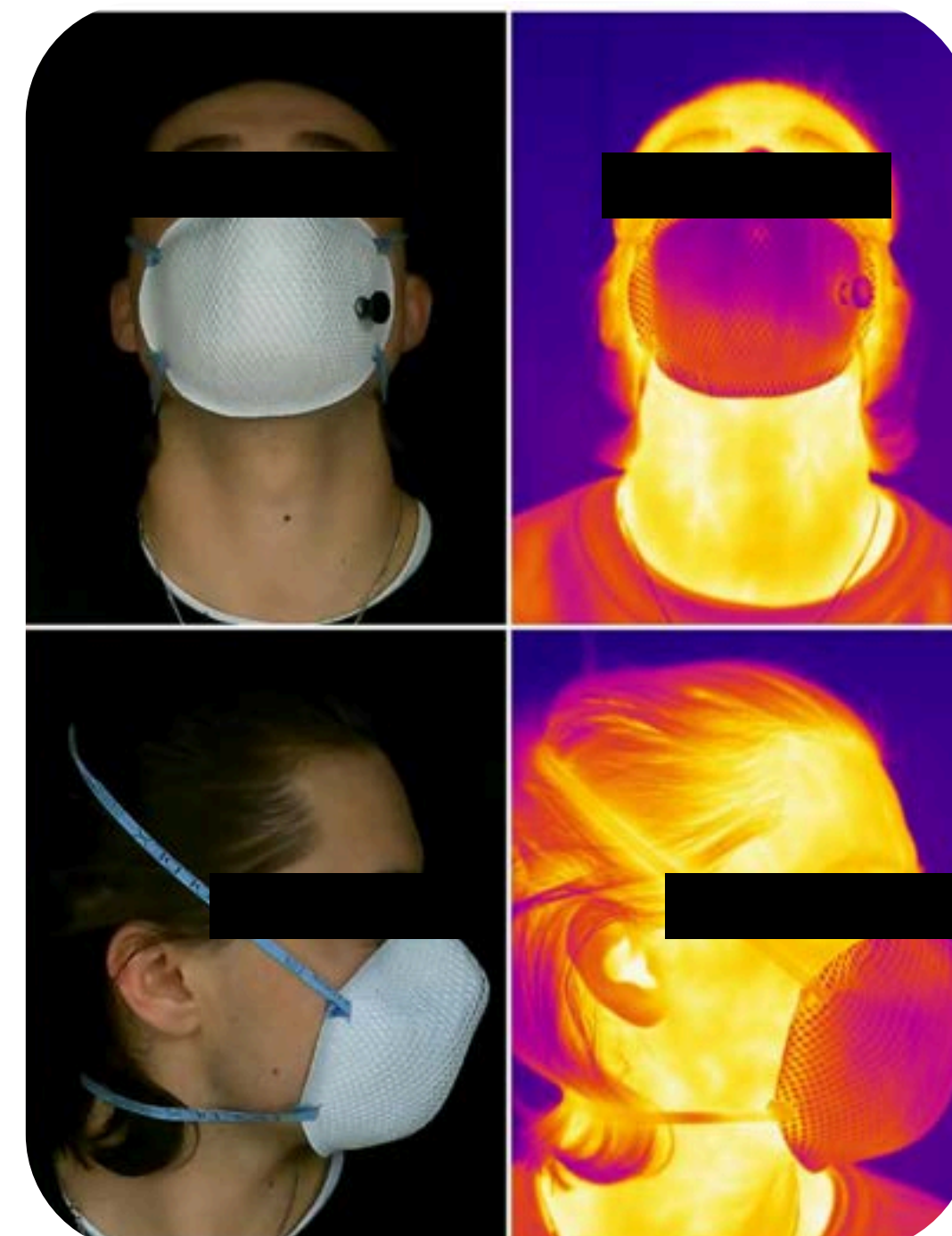
- Un rayonnement électromagnétique invisible émis par tout objet selon sa température, permettant de créer des images thermiques

Principe utilisé

- Différence thermique respiratoire : Un contraste thermique exploitable
- Expiration : $\approx 36^{\circ}\text{C}$ (air chaud)
 - Inspiration : $\approx 22^{\circ}\text{C}$ (air plus froid)

Application

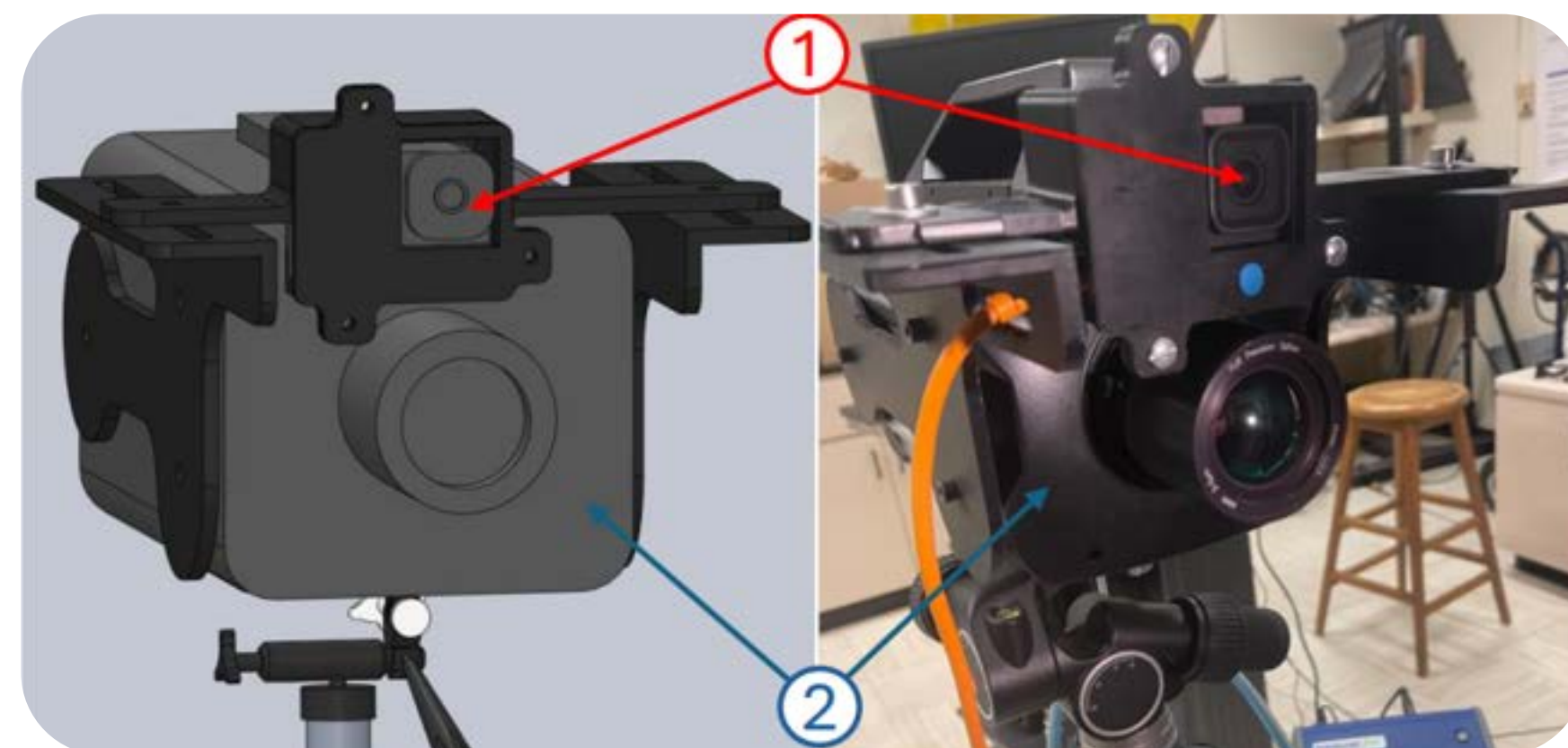
- Visualisation des fuites potentielles
- Observation des variations de température autour du joint facial



Méthodologie.

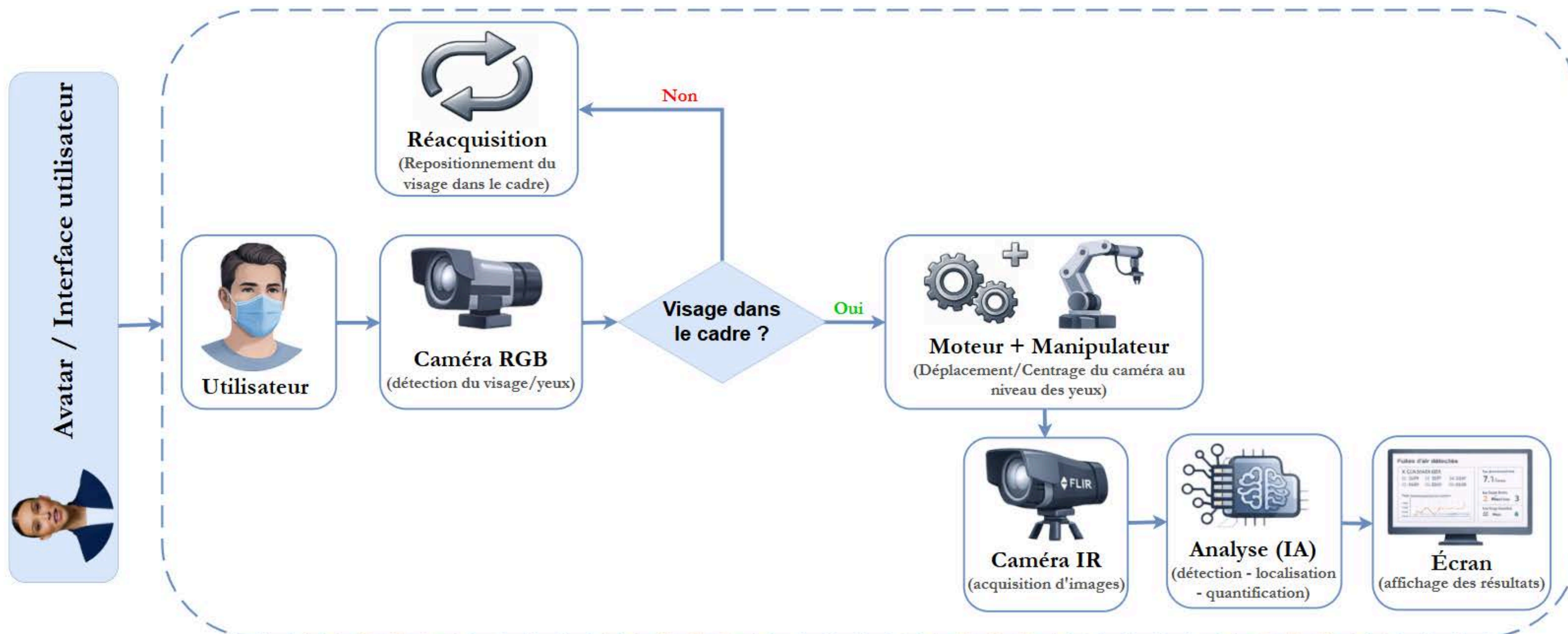
Technique utilisée :

- 1 Caméra RGB utilisée pour :
 - Capture une photo du visage
 - Détection automatique des yeux
 - Raspberry Pi calcule le décalage (envoyé à l'ESP32)
 - Commander du système motorisé pour un alignement personnalisé.
- 2 Caméra infrarouge (*Caméra thermique de type FLIR X850isc*)
 - Capture des séquences thermiques respiratoires
 - Analyse thermique : Mise en évidence des variations thermiques liées aux flux d'air



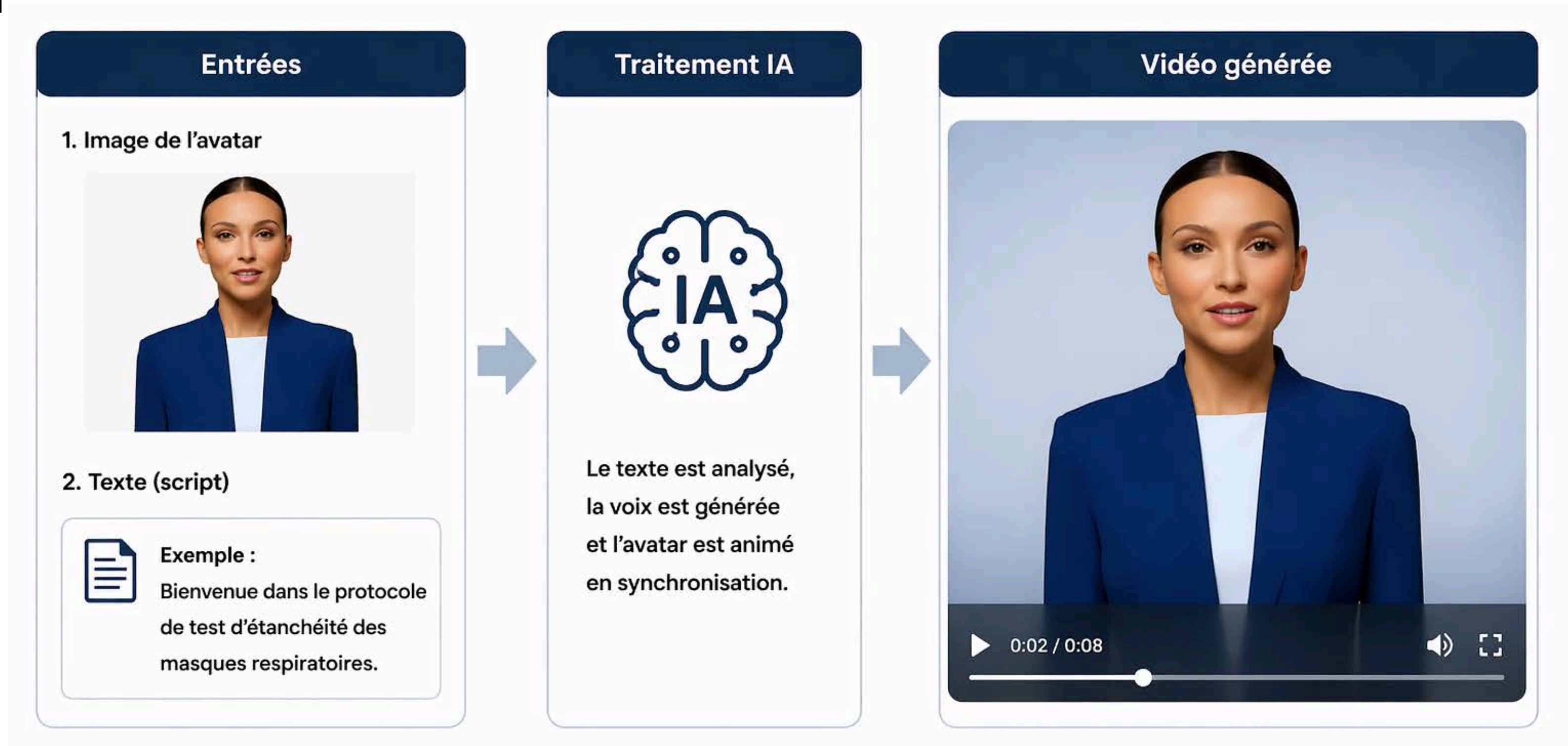
Méthodologie.

Expérience utilisateur :



Méthodologie.

Expérience utilisateur :



Méthodologie.

Expérience utilisateur :

Exemple



Exemple :

Bienvenue dans le protocole de test d'étanchéité des masques respiratoires.

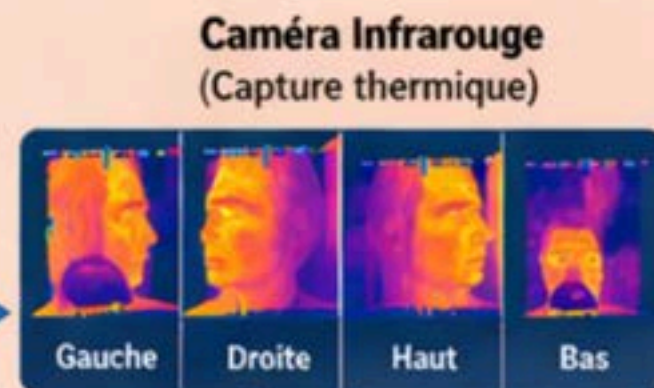
Prise de photos thermiques (Caméra Infrarouge)

- ✓ Selon les instructions de l'avatar, la caméra infrarouge capture plusieurs photos thermiques à différentes positions.
- ✓ Exemples d'instructions :
 - "Regardez à gauche"
 - "Regardez à droite"
 - "Regardez en haut / en bas"
- ✓ Les images sont envoyées au Jetson pour analyse (segmentation, détection, quantification de fuite).



Veillez :

- regarder à gauche
- regarder à droite
- regarder en haut
- regarder en bas



Caméra Infrarouge
(Capture thermique)



Indicateurs visuels (LEDs)



Gauche



Droite



bas

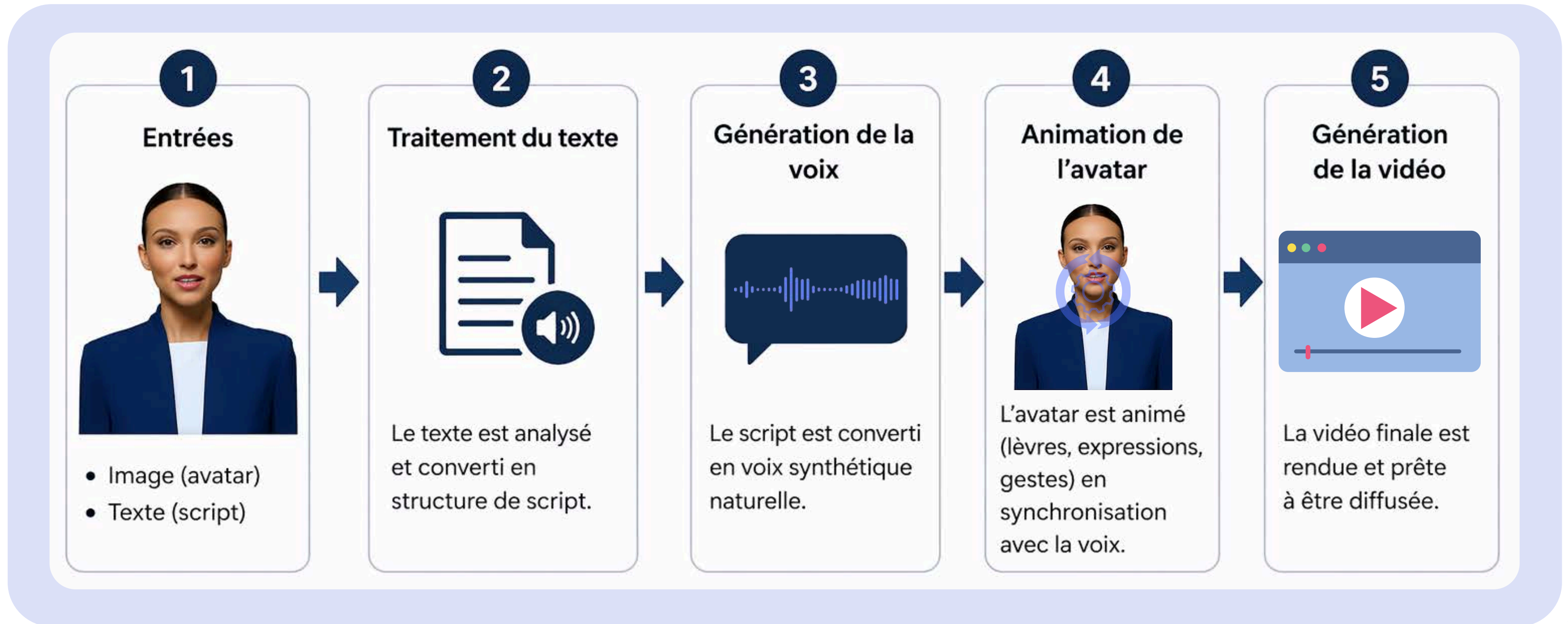


Jetson
(Traitement IA)

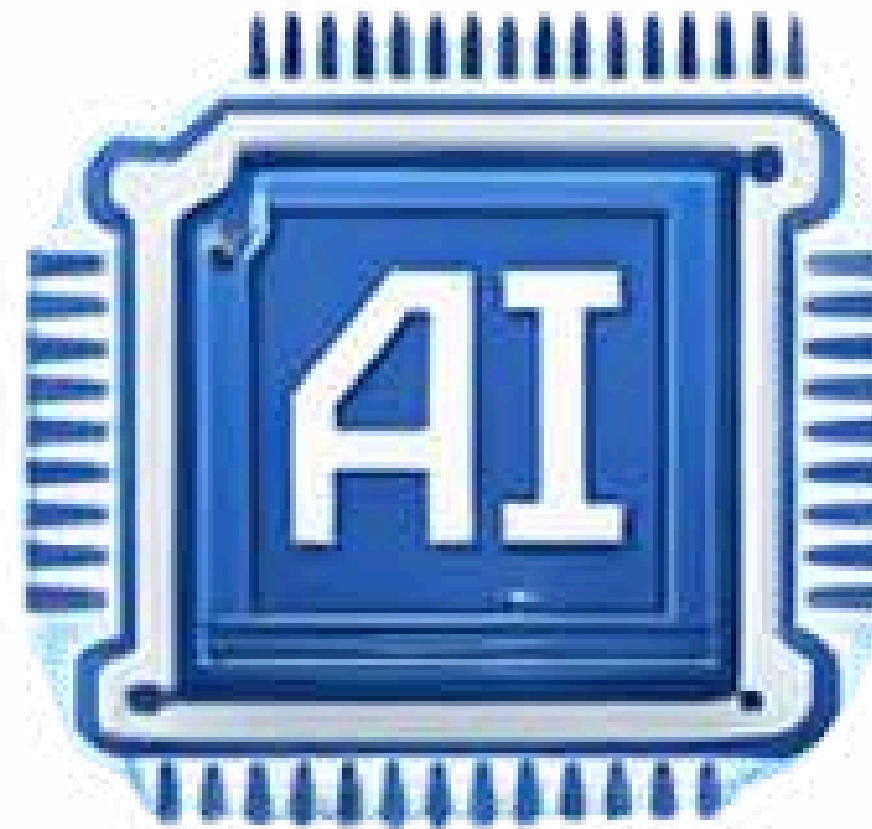


Méthodologie.

Expérience utilisateur :



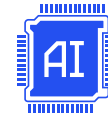
Méthodologie.



Analyse (IA)

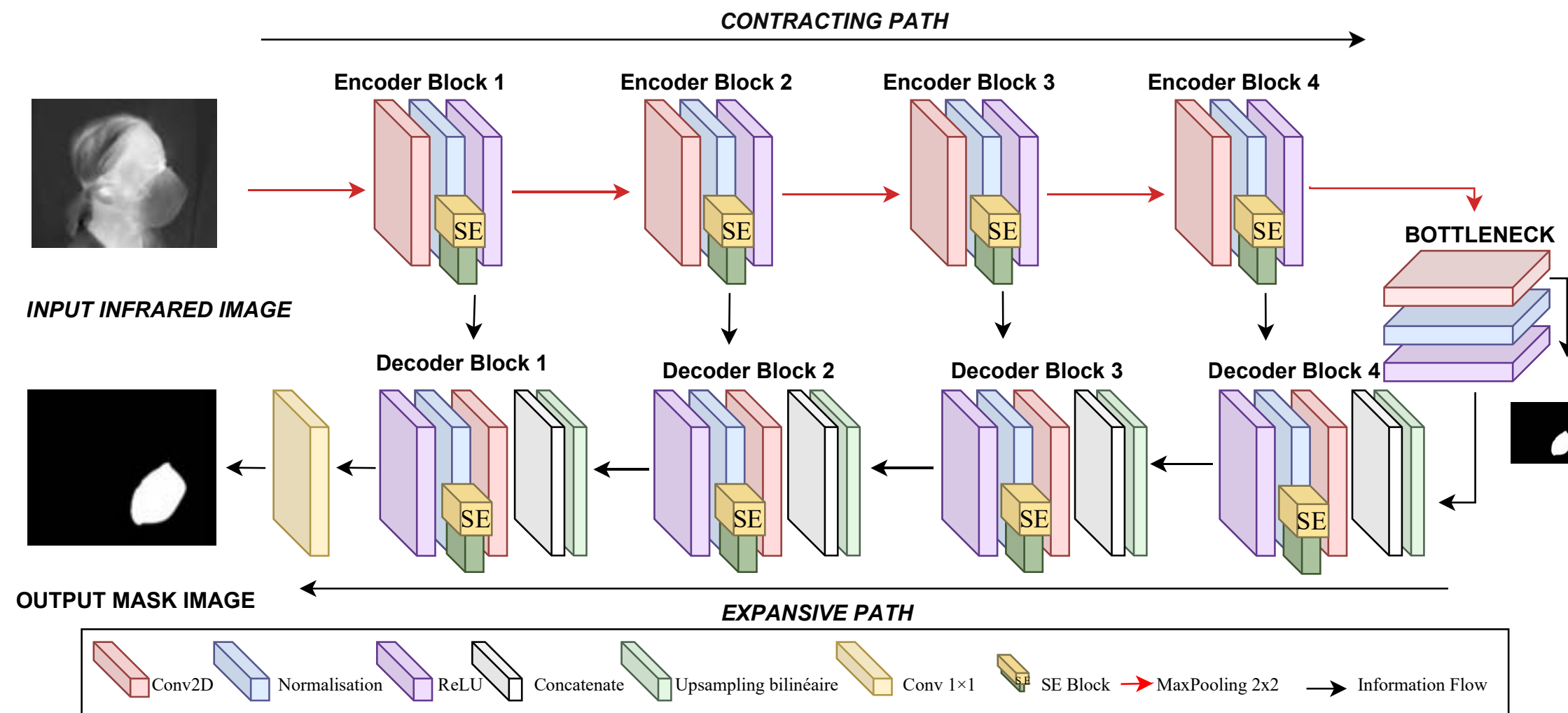
Méthodologie.

SEGMENTATION SÉMANTIQUE



Une segmentation est appliquée afin de repérer et isoler automatiquement le masque.

La segmentation = découper l'image en zones importantes



Méthodologie.

SEGMENTATION 

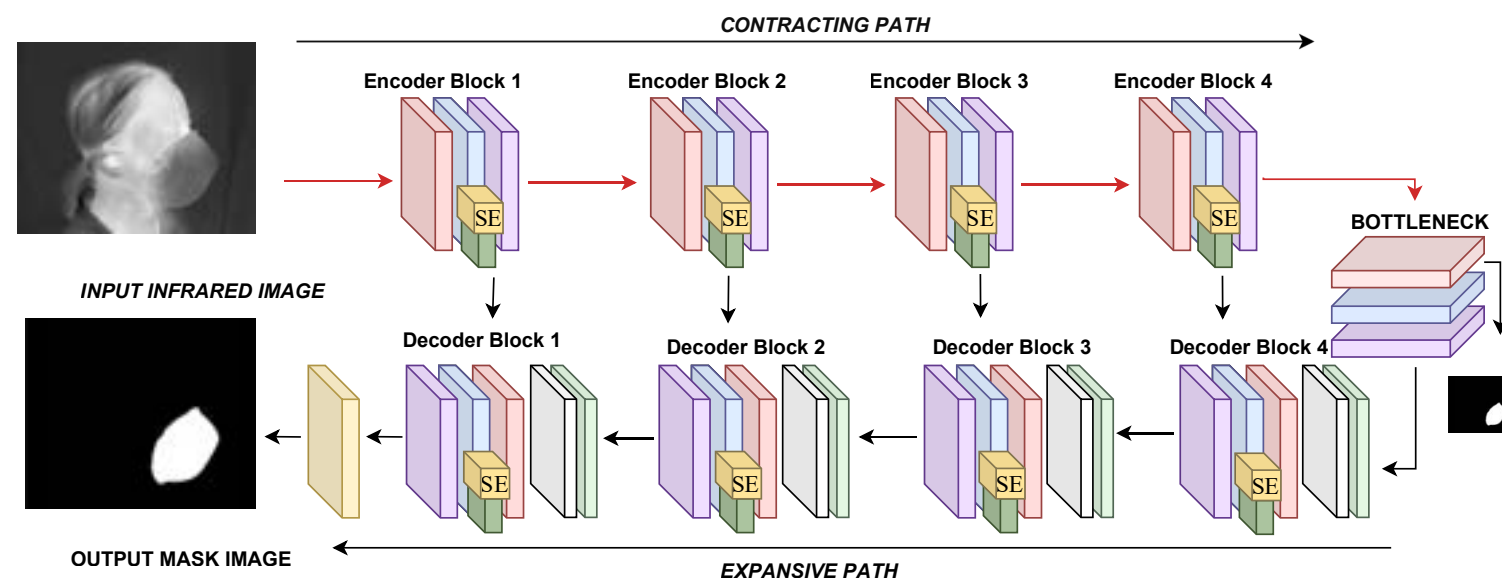
Comment ça fonctionne



Méthodologie.

SEGMENTATION

Le model apprend à reconnaître le masque grâce à un entraînement préalable



- **Le modèle remet les détails petit à petit et utilise ce qu'il a appris pour dire : "ici c'est un masque" ou "ici ce n'est pas un masque"**



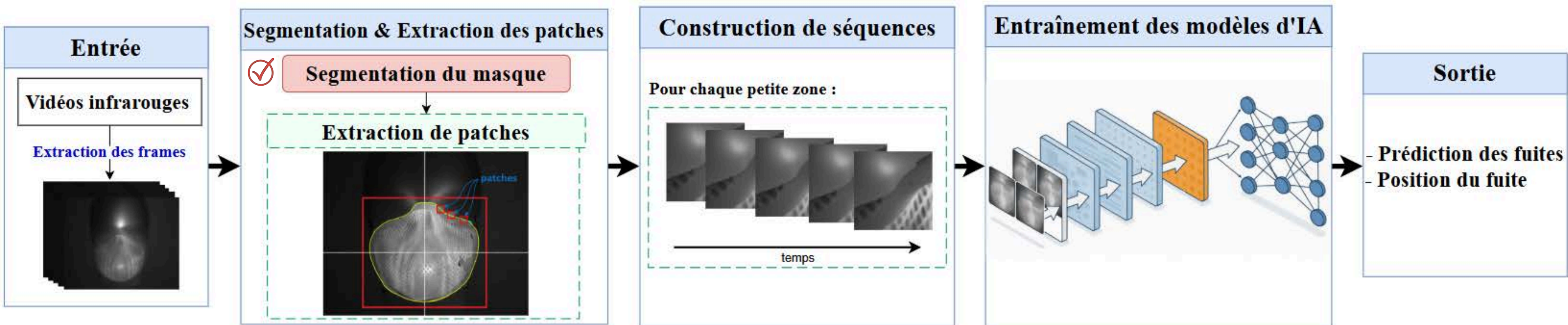
- **Le modèle rétrécit progressivement l'image**
- À chaque étape, il garde les informations importantes (formes, contours) et Il oublie les détails inutiles



Pendant qu'il reconstruit, il récupère des détails du début

Méthodologie.

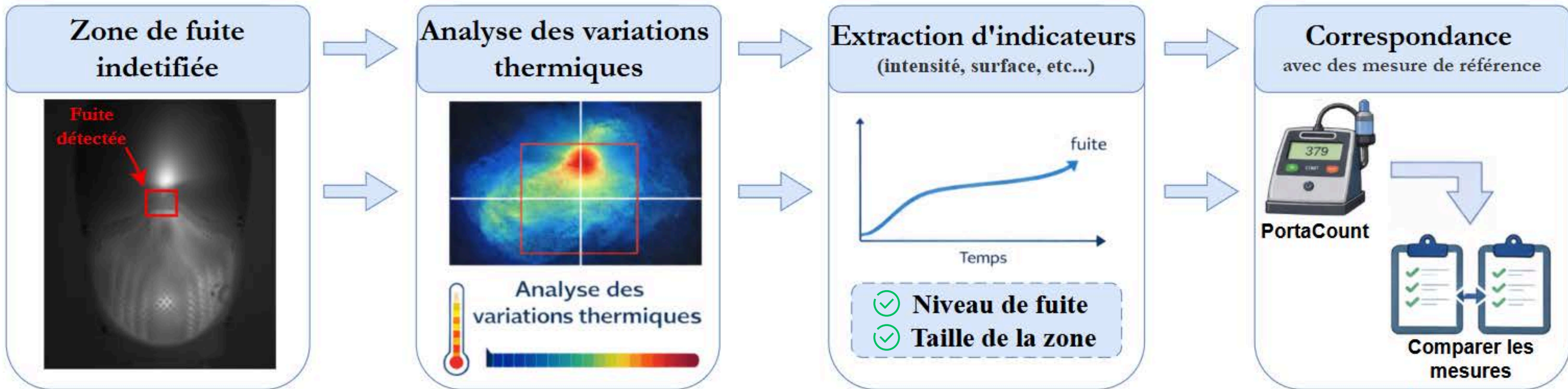
Détection et Localisation



→ Analyse automatique des vidéos infrarouges pour détecter et localiser les fuites

Méthodologie.

Quantification



Vérification et alignement des mesures infrarouges avec les mesures de référence PortaCount pour garantir leur validité et leur précision

Méthodologie.



Conception mécanique

Conception électronique

Méthodologie.

Contraintes de conception

S'adapte à
l'utilisateur

Ergonomique

Transportable

Facilité de
modification et
maintenance



Méthodologie.



Conception mécanique

Conception électronique

Méthodologie.

La séquence de fonctionnement

Le fonctionnement du système est détaillé en plusieurs étapes, avec les composants électroniques nécessaires pour chaque étape :

1 Détection initiale

- ✓ Le système détecte la présence de l'utilisateur via le capteur de distance
- ✓ Si l'utilisateur est entre 25 cm et 35 cm → on passe à l'étape suivante.
- ✓ Sinon : l'avatar affiche : "Veillez avancer"

2 Vérification de la distance

- ✓ Le système vérifie que l'utilisateur reste à la bonne distance.
- ✓ Si la distance n'est pas correcte, l'avatar affiche : "Veillez avancer"

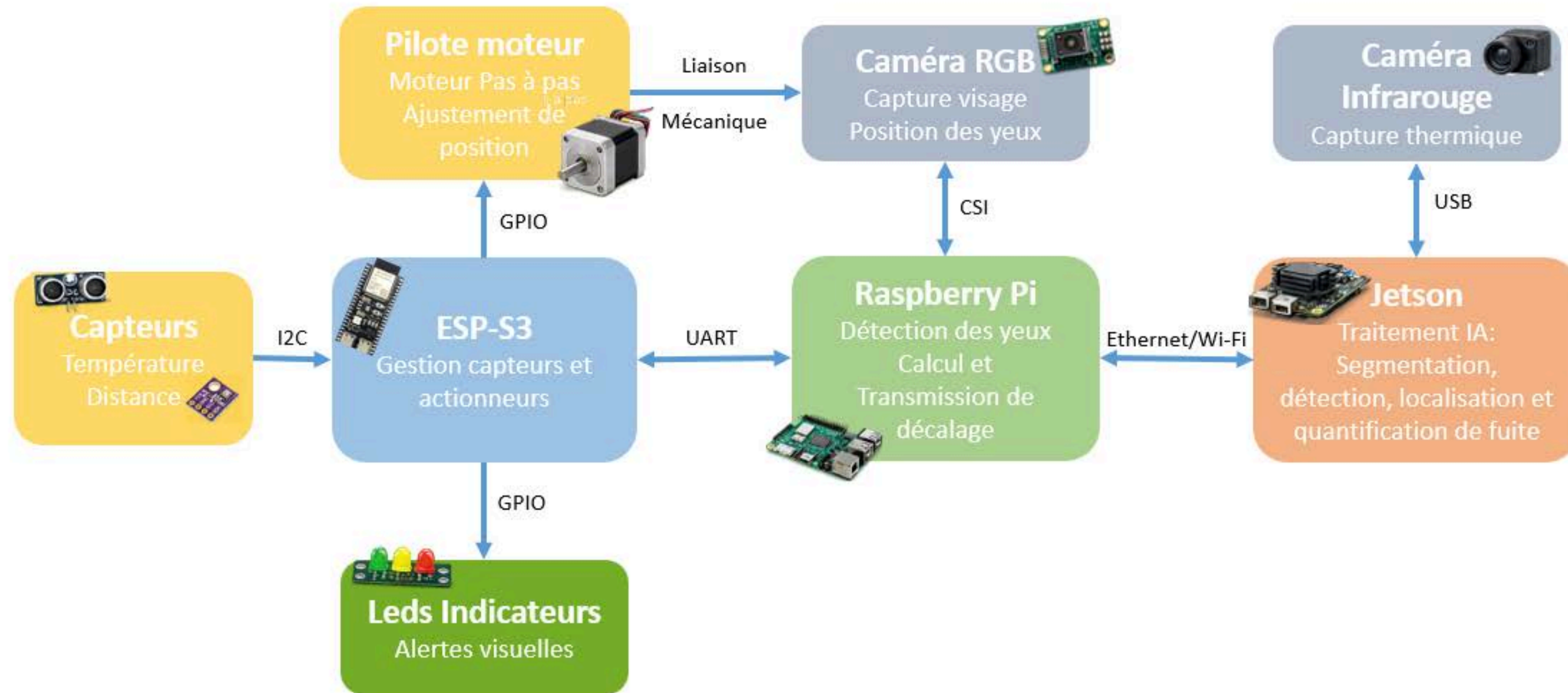
3 Déplacement caméra infrarouge

- ✓ Le moteur pas-à-pas ajuste la position verticale (haut/bas) pour centrer les yeux.
- ✓ La caméra infrarouge se déplace selon les mesures de décalage reçues pour viser précisément les yeux détectés.
- ✓ Objectif : fournir une méthode rapide, objective, automatisable et adaptée à une utilisation hors laboratoire.

➔ Pendant tout le processus, la température ambiante est mesurée et sauvegardée dans un fichier CSV pour contrôler les conditions d'acquisition des images thermiques.

Méthodologie.

Architecture électronique du système



Méthodologie.

Evaluation en laboratoire

CALIBRATION

Mise au point de la station

COMPARAISON

Vérification par rapport à une
référence connue

REPETABILITE

Contrôle de la stabilité des mesures.



Mettre au point la station et évaluer sa performance

Méthodologie.

Test des limites

Conditions ambiantes	Caméra infrarouge	Interaction utilisateur
Port d'autres EPI	Variétés des équipements	Qualité des capteurs



Définir les limites fonctionnelles et les conditions minimales de fiabilité

Méthodologie.

Test terrain et acceptabilité



Deux objectifs : valider l'usage et mesurer l'acceptabilité

Usage réel

Déploiement du prototype
auprès de travailleurs utilisant
des N95 dans leur activité

**Retour
utilisateur**

Évaluation de l'ergonomie, de la
clarté des résultats, de la
rapidité d'analyse et de la
pertinence opérationnelle

Méthodologie.

Encadrement éthique et finalité du projet

Cadre éthique

- Consentement
- Confidentialité
- Gestion encadrée des données

Finalité du projet

- Améliorer le prototype grâce aux retours
- Aboutir à une station fiable, autonome et utilisable sur le terrain
- Viser une solution transférable et commercialisable

Conclusion.

Ce projet propose :

Une Solution autonome, intelligente et innovante pour la détection des fuites des masques N95 dédiée à l'amélioration de la sécurité au travail

➔ **Renforcer les protocoles de prévention en milieu professionnel**

Visualisation

Automatisation

Intelligence artificielle

Imagerie thermique

Conclusion.

Avancement du projet :



- **Premier prototype assemblé**
- **Mise au point en cours**
- **Detection du visage et alignement fonctionnel**

Merci Pour Votre Attention .