



# ERGONOMIE

ANDRÉA BOISADAN

[aboisadan@cesi.fr](mailto:aboisadan@cesi.fr)



The background of the slide is a photograph of a complex industrial facility, likely a refinery or chemical plant. It features a dense network of large, dark metal pipes, structural beams, and walkways. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, emphasizing the metallic textures and the scale of the equipment. A large, teal-colored L-shaped graphic is positioned on the right side of the slide, partially overlapping the industrial image and the text box.

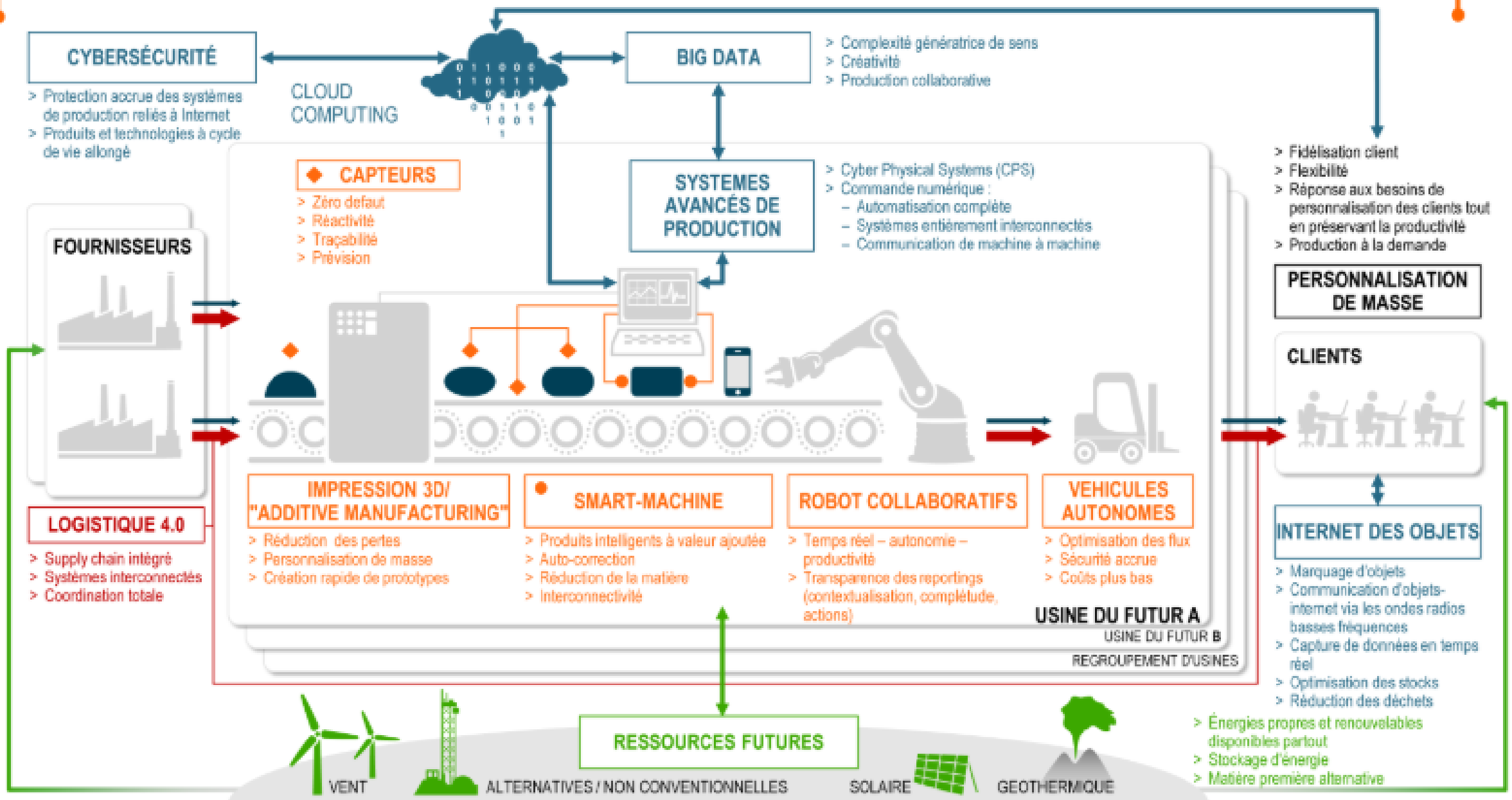
1

# Ergonomie et industrie du futur

---

# ORGANISATIONS AGILE, APRENANTES, HUMAN CENTRIC

- > Vision partagée
- > Approche Systémique
- > Motivation
- > Apprentissage collectif
- > Modèles de pensées



# Pourquoi optimiser les postes de travail?

- Améliorer la sécurité (risques physiques)
  - Port de charge
  - Efforts répétitivité
  - Maintien statique de postures
  - Vibrations
  - Environnement dangereux
  - Ambiance physique
- Améliorer la performance des opérateurs
  - Rapidité
  - Force
  - Précision
  - Amplitude du mouvement
  - Qualité fiabilité
- Améliorer la santé

# Comment optimiser les postes de travail?

- Transformation de la tâche
  - Outillage ou poste modifié
  - Expertise maintenue
- Automatisation (robotisation du poste)
  - Transfert des savoirs et savoir-faire de l'opérateur vers système automatisé
  - Postes routiniers ou répétitifs
  - Limite: pas tous les postes peuvent avoir une automatisation complète
    - Opération ponctuelle
    - Certaines expertises humaines non automatisables
- Cobotique
  - Assistance robotique à l'opérateur
  - Interaction sur le poste de travail

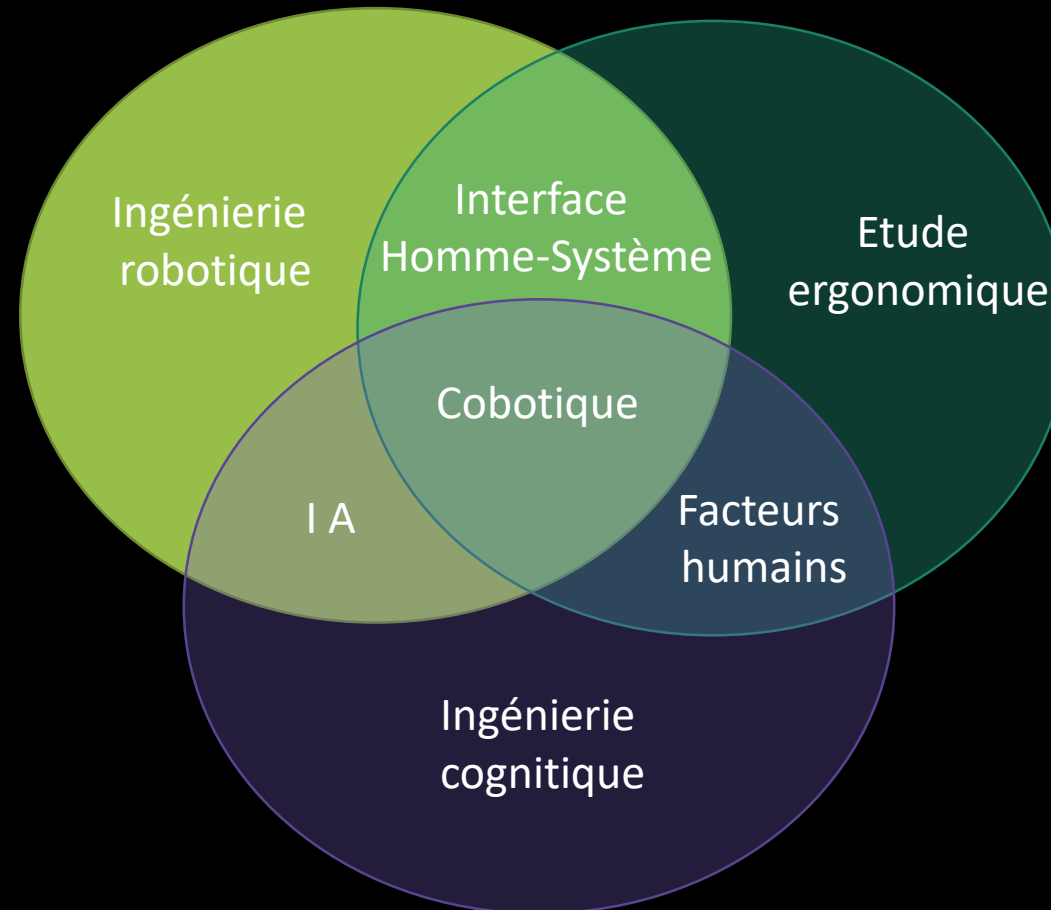


# La cobotique [Moulières-Seban et al., 2016]

- « Collaborative » et « robot » (Peshkin et Colgate, 1999)
- Typologie:
  - Pilotage à distance ou téléopération
  - Manipulation directe ou co-manipulation
  - Assistance par exosquelette



# Champs disciplinaires [Salotti et al., 2018]



# Ingénieur cobotique Etude CESI – APEC (2019)

L'ingénieur-e en cobotique<sup>8</sup> assure la conception, le développement et la maintenance de cobots (bras articulés, bras robotisés, etc.) destinés, dans l'univers de la production industrielle, à décharger l'homme de tâches répétitives ou contraignantes.



## ACTIVITÉS PRINCIPALES

### CONCEPTION DU ROBOT

- › Assurer l'expression des besoins par les utilisateurs et prendre en compte les tâches à automatiser dans leur dimension ergonomique
- › Définir l'architecture, la conception et la mise en œuvre de composants mécatroniques

### DÉVELOPPEMENT DES FONCTIONNALITÉS TECHNIQUES

- › Mettre en œuvre les systèmes robotiques et intégrer les applications de traitement de l'image dans le système robotique
- › Concevoir et développer des systèmes de contrôle du mouvement et des planificateurs de trajectoire

- › Concevoir les systèmes mécaniques et mettre en œuvre des applications d'interaction homme-machine
- › Élaborer des tests et notamment des tests d'endurance
- › Développer et mettre en œuvre l'intégration de systèmes de sécurité de manière à optimiser l'espace de travail partagé par les humains et les cobots

### SUIVI DE LA MISE EN PRODUCTION

- › Assurer le pilotage du déploiement du projet
- › Garantir le déploiement des processus cobotiques, et notamment l'appropriation par les équipes des possibilités offertes par ces équipements

- › Mesurer la performance des équipements
- › Piloter les recherches de dysfonctionnement, et l'analyse des défaillances

### RÉALISATION DE LA MAINTENANCE

- › Initier une démarche d'amélioration continue
- › Engager les actions correctives et les améliorations
- › Superviser les actions

Comment?  
Par l'ergonomie



A detailed industrial scene featuring a complex network of dark, metallic pipes, valves, and structural beams. A set of stairs with metal railings is visible on the left side. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, emphasizing the textures of the metal. A semi-transparent black rectangle is overlaid in the center, containing the title and a horizontal line. A teal L-shaped graphic element is positioned at the top right of this rectangle.

# 2

## Définition

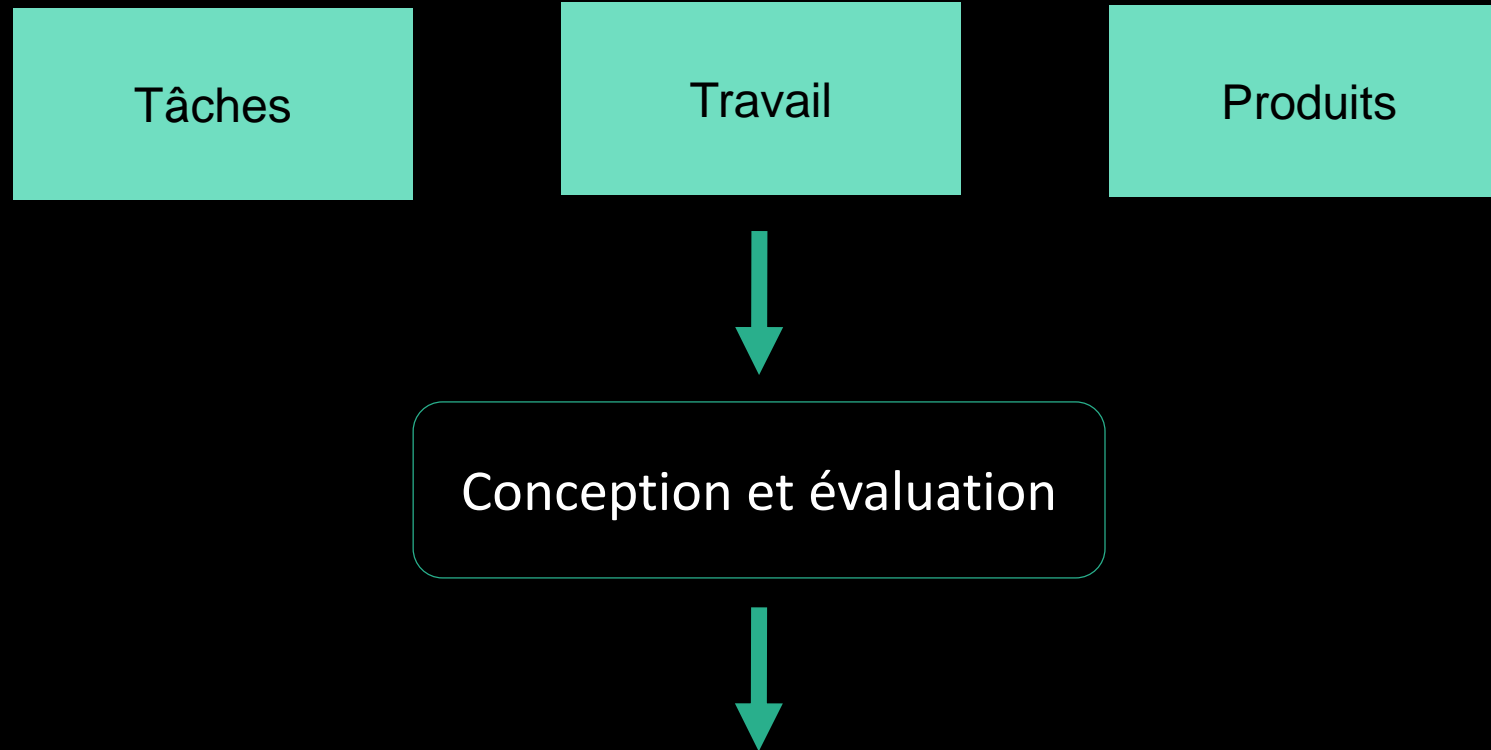
---

# Définition 1/2

“L’ergonomie est la discipline scientifique qui vise la compréhension fondamentale des **interactions** entre les **humains** et les autres composantes d’un **système**, et la profession qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d’optimiser le **bien-être** des personnes et la **performance** globale des systèmes.”

[IEA, 2000]

# Définition 2/2



Compatibilité avec les besoins, compétences et limites des personnes

# Typologie

Considération des caractéristiques anatomiques, anthropométriques, physiologiques et biomécaniques

Adaptation produits, outils et travail

Domaines:

- postures,
- manipulation d'objets,
- répétitivité,
- TMS,
- sécurité,
- santé,
- poste du travail

**Physiologique**

Optimisation des systèmes socio-techniques (structure, règles, processus)

Domaines:

- communication,
- gestion ressources des collectifs,
- conception du travail,
- horaires du travail,
- travail en équipe,
- conception participative,
- coopération,
- culture organisationnelle,
- télétravail,
- gestion qualité

**Organisationnelle**

Considération des processus mentaux et fonctionnement cerveau (mémorisation, perception, raisonnement)

Adaptation produits, outils et travail.

Domaines:

- IHM,
- prise de décision,
- charge mentale,
- fiabilité,
- performance

**Cognitive**



A dark, industrial background featuring a complex network of metal pipes, valves, and a staircase. The scene is dimly lit, with some highlights on the metallic surfaces. A large, semi-transparent black rectangle is overlaid in the center, containing the title text. A teal L-shaped graphic element is positioned at the top right of this rectangle.

# 3

## Intervention ergonomique

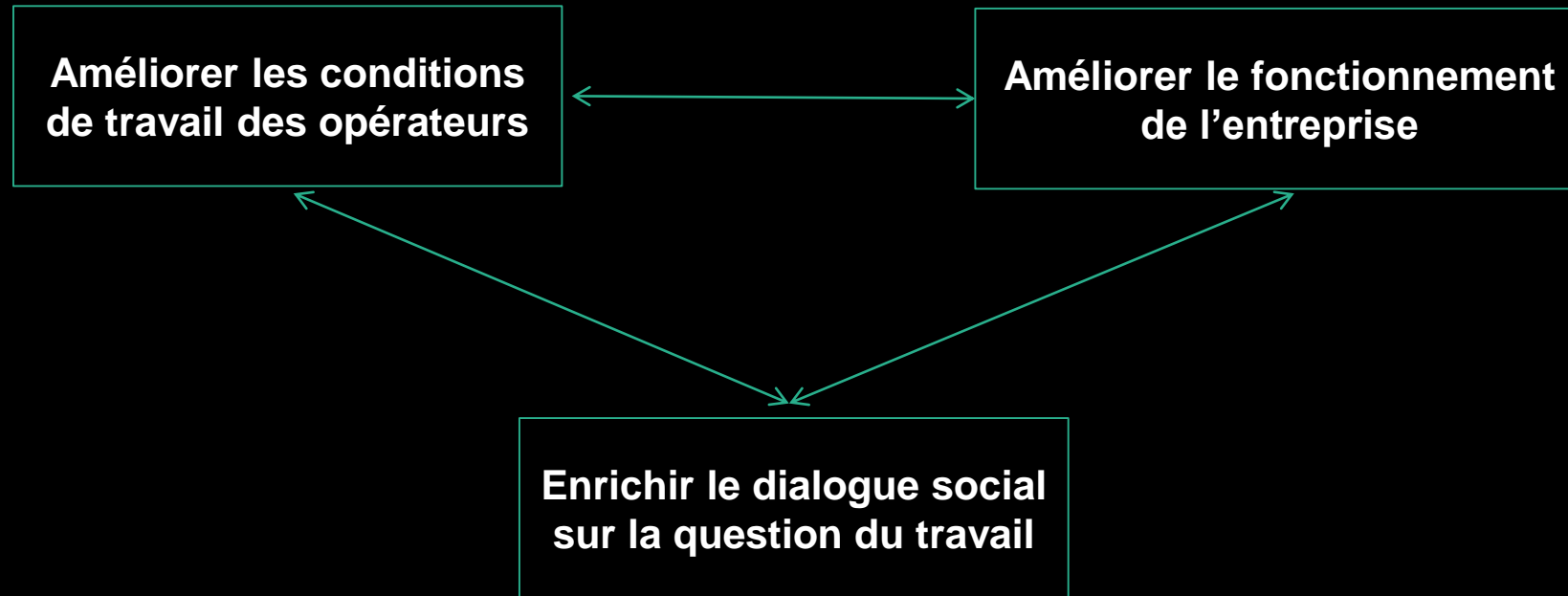
---

# L'intervention ergonomique...

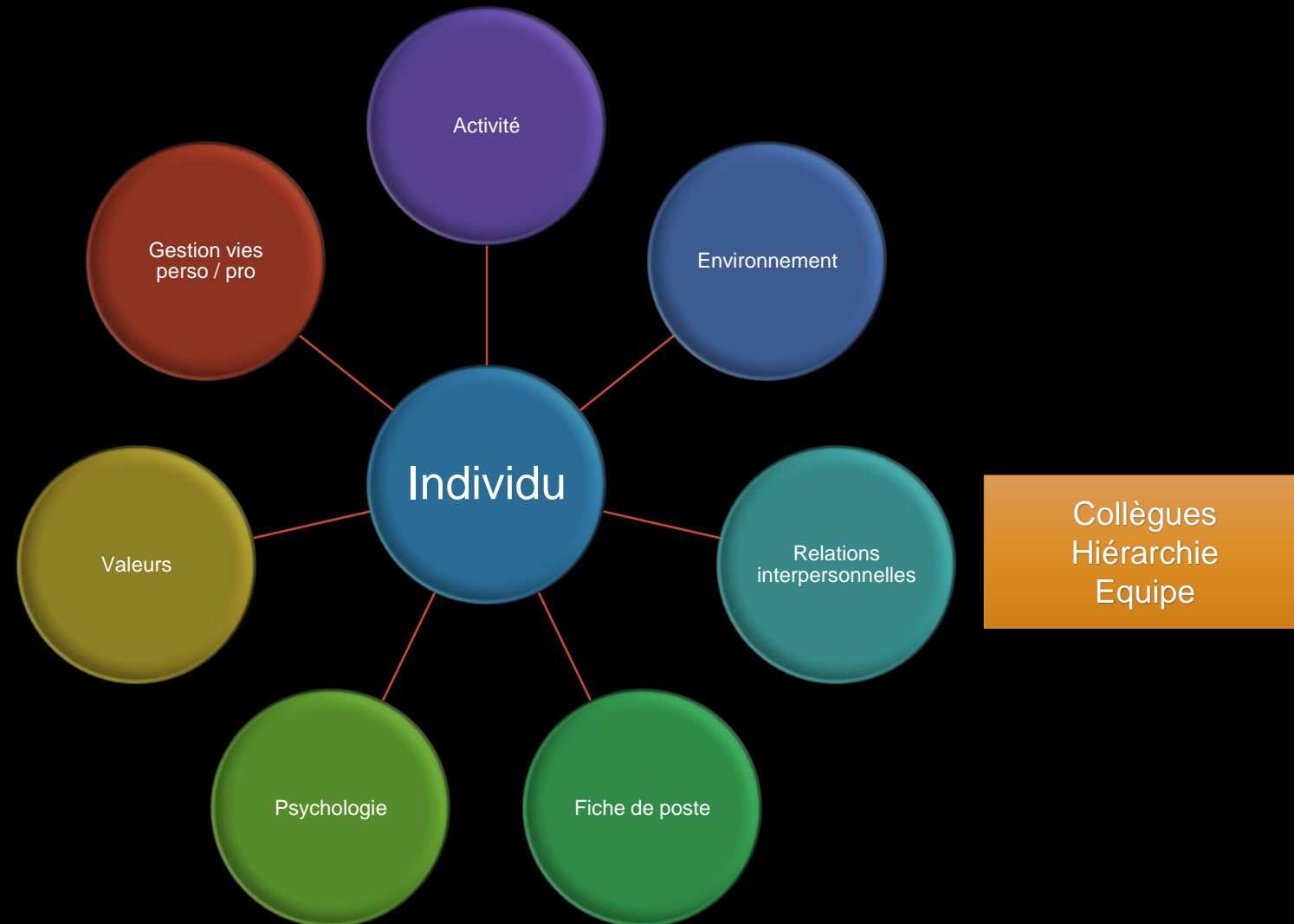
“ ... est réalisée dans un **contexte** donné, à un moment donné, en vue de **transformer** les situations de travail pour les **améliorer** selon des critères de santé et d'efficacité „

[St-Vincent et al., 2011]

# Les enjeux



# Ecosystème de l'individu

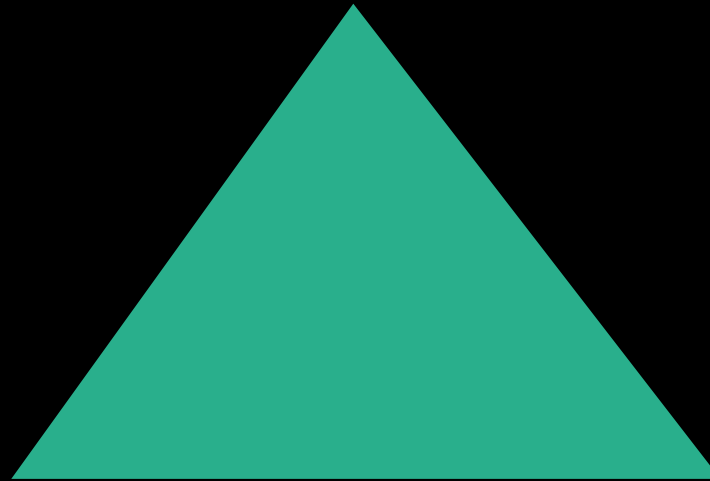




# La démarche

Psychologie  
Sociologie  
Physiologie  
Médecine du travail  
Sciences de l'ingénieur

**PLURIDISCIPLINAIRE**



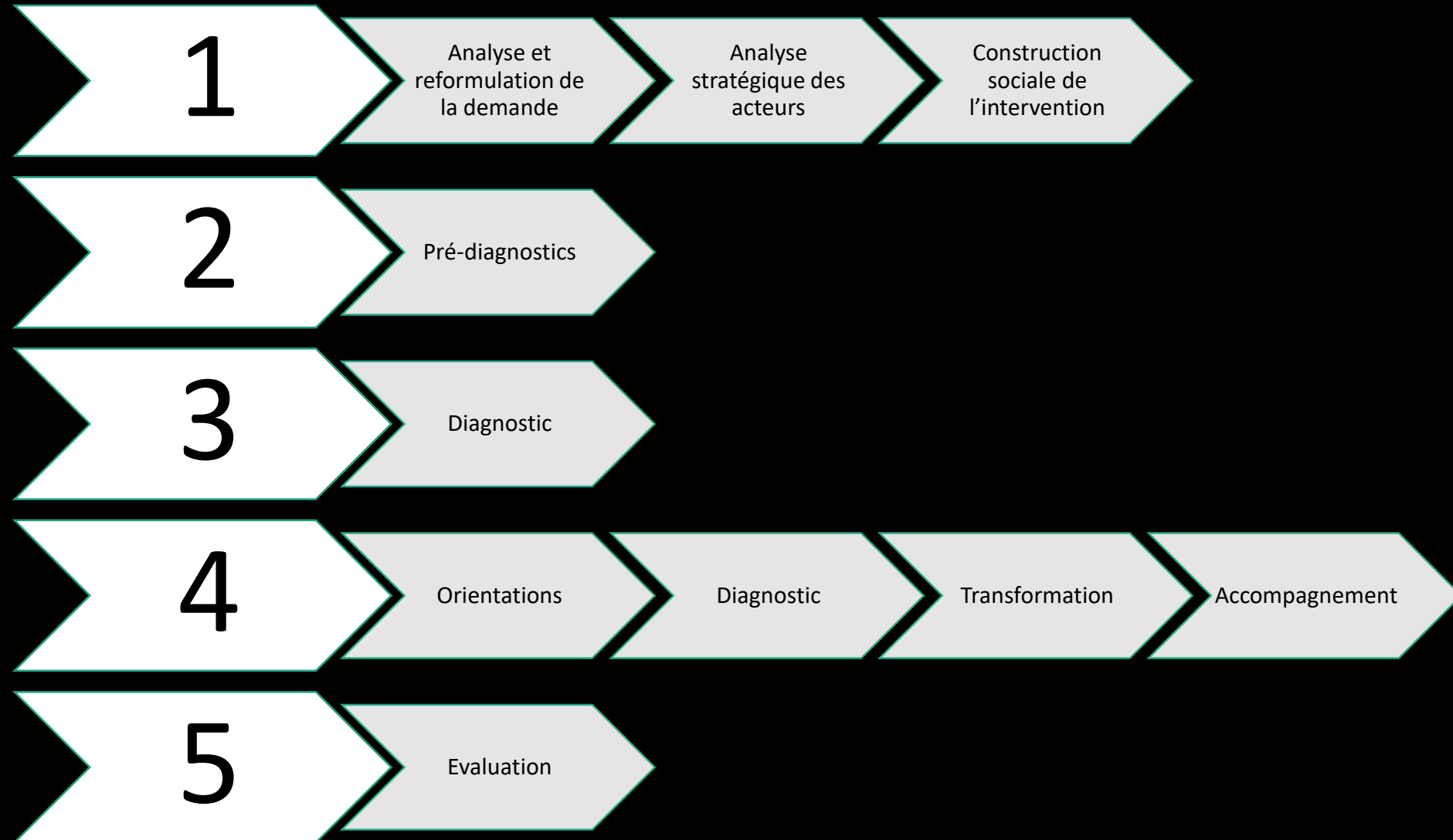
**GLOBALE**

Influence systémique: législation,  
contexte économique et social de  
l'entreprise

**PARTICIPATIVE**

Avec et pour les **DÉCIDEURS**  
Avec et pour les **OPÉRATEURS**

# Les étapes



# Secteurs d'intervention

- Industrie
- BTP
- Services
- Administration
- Hôpitaux
- Agriculture
- Restauration
- Nucléaire
- Armement
- Pédagogique





# 4

## Analyse de l'activité



# Tâche

## Tâches prescrites = ce qu'il faut faire

- Objectifs (de production, de qualité)
- Les procédures (méthodes, consignes, normes, ...)
- Les moyens (matières, machines, documentation, ...)
- L'environnement
- Les conditions sociales (modalité de rémunération,...)



Analyse extrinsèque

## Tâches réelles = ce qui est fait

- Tâches réalisées par l'opérateur
- Modes opératoires par rapport à une situation



Analyse intrinsèque

## OPÉRATEUR

- Qualification
- Formation
- Ancienneté dans le métier
- Ancienneté dans l'entreprise
- Objectifs personnels
- Age, taille, sexe...

## ENTREPRISE

- Type et taille de l'entreprise
- Équipement
- Outillage
- Organisation des flux
- Organisation du temps de travail
- Ambiances physiques

## Travail réel

**Tâche**  
Ce qu'il fait

**Activité**  
Comment  
il le fait

## Travail prescrit

- Travail défini à l'avance
- Quantitatif
- Qualitatif
- Procédures
- Consignes

## SUR L'OPÉRATEUR

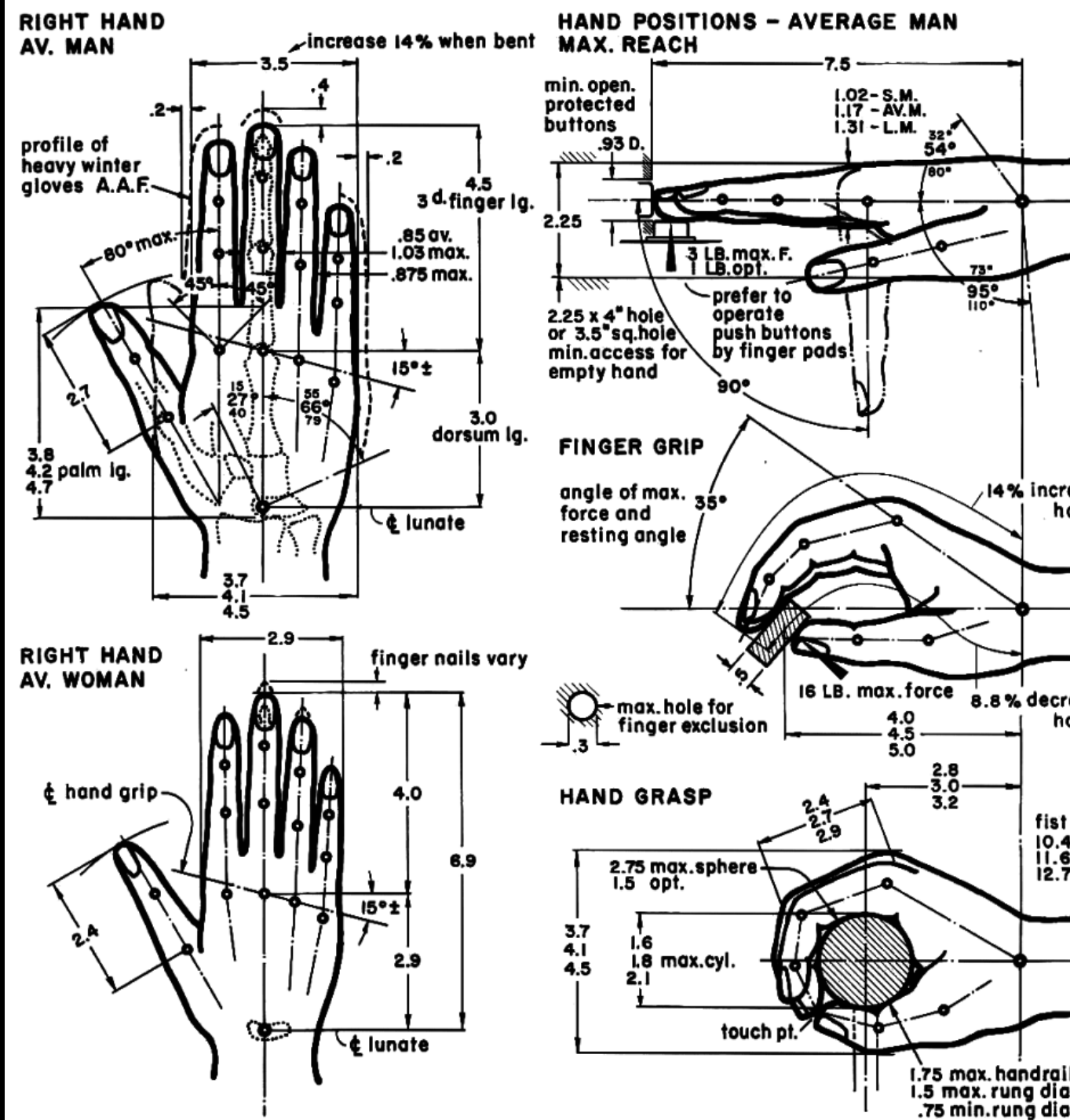
- Positifs :
- Relations sociales enrichissantes
  - Reconnaissance individuelle
  - Promotion
  - Acquisition de compétences
- Négatifs :
- Fatigue, stress
  - Démotivation
  - Maladie, blessure

## SUR L'ENTREPRISE

- Positifs :
- Augmentation du chiffre d'affaire
  - Amélioration de l'image de marque
  - Ambiance de travail stimulante
  - Qualité du résultat
  - Augmentation de la clientèle
- Négatifs :
- Malfaçons, Absentéisme
  - Perte de la clientèle, mauvaise image de marque
  - Désorganisation et coût liés aux accidents de travail

# Anthropométrie

- NF ISO 7250 (AFNOR X 35-003) : Mesurages de base du corps humain pour la conception technologique
- AFNOR X 35-002 : Modèles anthropométriques de la population masculine et féminine
- AFNOR X 35-105 : Hauteur des commandes
- AFNOR X 35-104 : Postures et dimensions pour l'homme au travail sur machines et appareils





A detailed industrial scene featuring a complex network of dark, metallic pipes, valves, and structural beams. A set of stairs with metal railings is visible on the left side. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, emphasizing the textures of the metal. A semi-transparent black rectangular box is centered over the image, containing the title and a horizontal line. A teal L-shaped graphic element is positioned at the top right of this box.

# 5

## Troubles musculo- squeletiques

---



# Facteurs [INRS]

## Facteurs biomécaniques

- Charge physique
- Répétitivité
- Efforts
- Gestes précis et fins
- Postures inconfortables et/ou maintenues sur une longue période

## Facteurs psychosociaux

- Charge mental
- Temps
- Soutien
- Reconnaissance
- Perspectives professionnelles

## Facteurs organisationnels

- Management
- Pause
- Standardisation

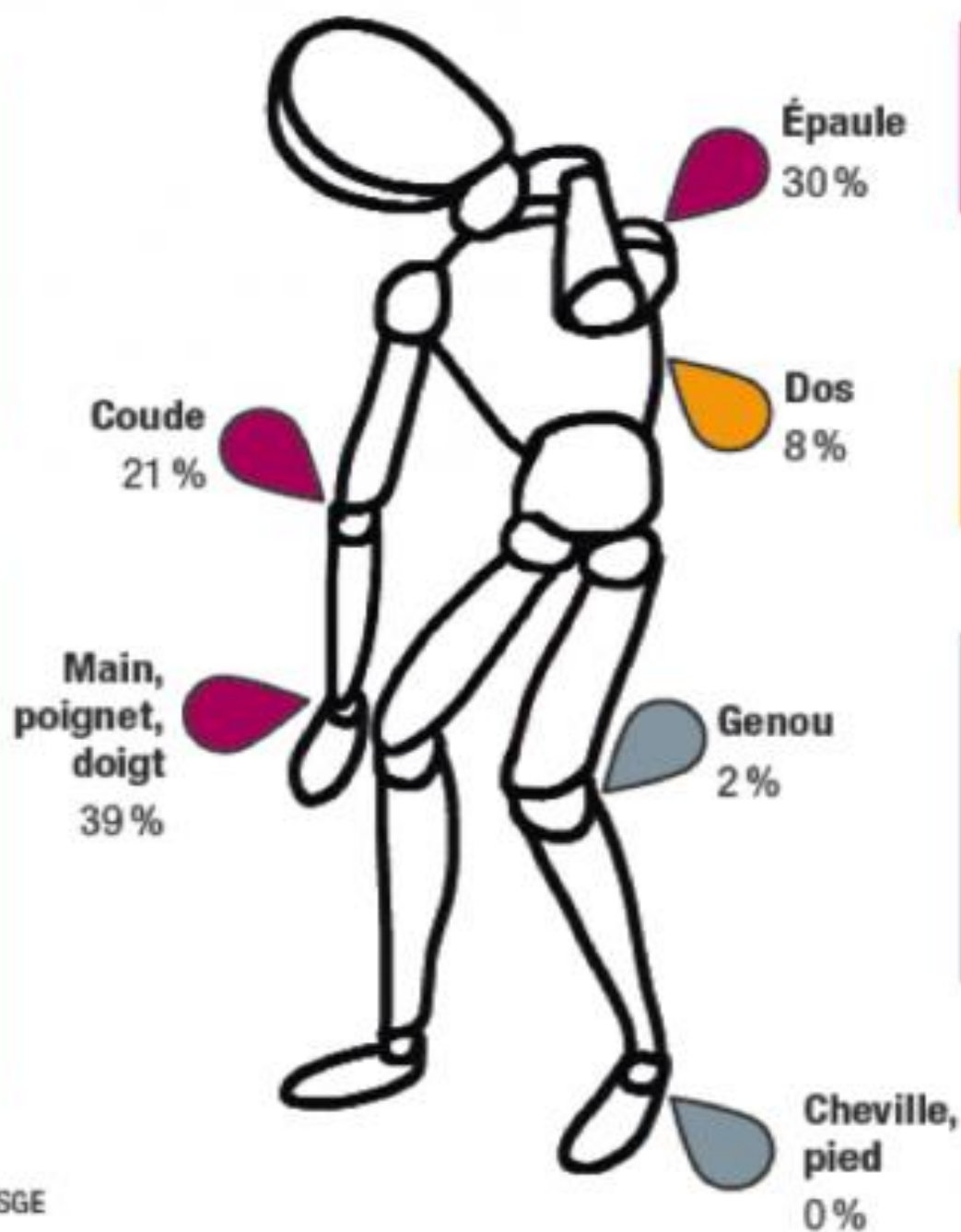
## Facteurs personnels (caractéristiques intrinsèques)

- Âge
- Genre
- Santé générale
- Capacités

Syndrome de la gouttière  
Épitrachéoléo-olécranienn  
(compression du nerf cubital) (T57)  
Arthrose du coude (T69)  
Hygroma aigu du coude (T57)  
Épitrachélite (T57)  
Épycondillite (T57)

Troubles angioneurotiques de la main (T69)  
Ostéonécrose du semi-lunaire  
(maladie de Kienböck) (T69)  
Ostéonécrose du scaphoïde carpien  
(maladie de K  lher) (T69)  
Atteinte vasculaire cubito-palmaire (T69)  
Syndrome du canal carpien (T57)  
Syndrome de la loge de Guyon (T57)  
T  nosytovite (T57)  
Tendinite (T57)

Données nationales AT/MP issues des bases annuelles SGE  
TAPR sur les neuf comités techniques nationaux,  
compte spécial, bureaux et sièges sociaux  
et catégories professionnelles particulières



  paule enraidie (T57)  
  paule douloureuse (T57)  
Coiffe des rotateurs tendinopathie (T57)  
Coiffe des rotateurs rupture partielle (T57)

Sciatique par hernie discale (T97 et T98)  
Radiculalgie crurale par hernie discale  
(T97 et T98)

Syndrome de compression du  
nerf sciatique poplité externe (T57)  
Lésion chronique du ménisque (T79)  
Hygroma aigu du genou (T57)  
Tendinite sous-quadricepsale ou  
rotulienne (T57)  
Tendinite de la patte d'oie (T57)

| Tendinite achilléenne (T57)

[Crédit: photo: cciezo-normandie]



A detailed industrial scene featuring a complex network of dark, metallic pipes, valves, and structural beams. A set of stairs with metal railings is visible on the left side. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, creating a gritty, industrial atmosphere. A semi-transparent black rectangular box is centered over the image, containing the title and subtitle. A teal L-shaped graphic element is positioned at the top right of this box.

# 6

## Ambiances physiques

[Millanvoye, 2004]

# Définition

- Ambiance physique = environnement de travail des salariés
- Impact négatif
  - Communication
  - Prise d'informations
  - Effet négatif sur la santé et/ou les actions accomplies
- Impact positif
  - Informations sur l'état du produit ou de l'environnement ainsi que le stade de réalisation du produit



# Mesure

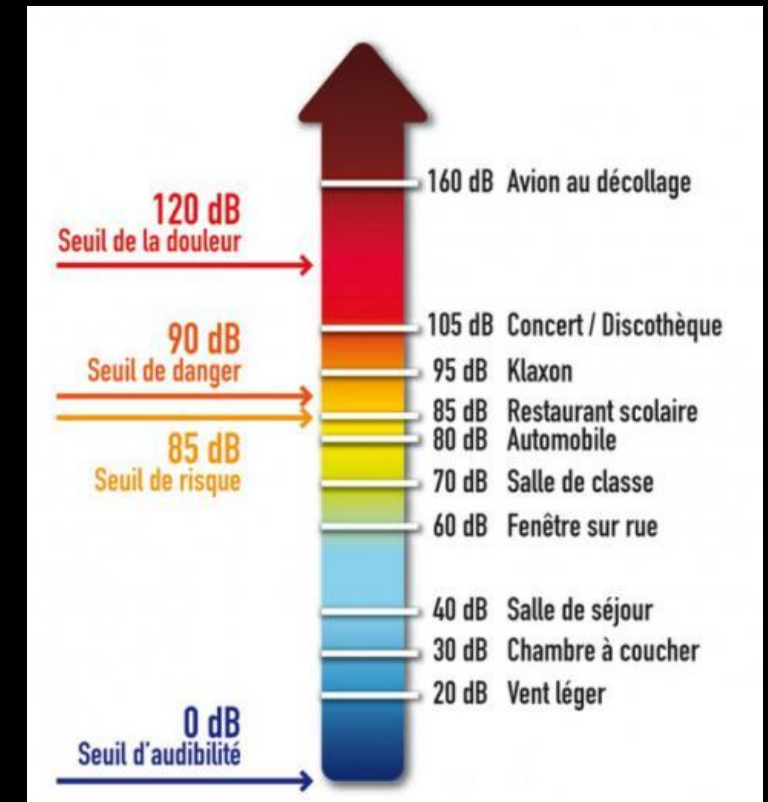
---

- Mesure spatiale
  - Mesure effectuée au poste de travail (voire suivre ses déplacements)
  - Réalisation d'une carte d'ambiance
- Mesure temporelle
  - Reproductibilité des mesures sur plusieurs cycles de travail
    - Appréhension de la variabilité

# Typologie - Ambiance sonore

- Exposition au bruit sur le lieu de travail
- Nocivité
  - Niveau sonore
  - Fréquence
  - Durée de l'exposition
- Effets:
  - Hausse temporaire du seuil auditif , « fatigue auditive »
  - Hausse irréversible du seuil auditif
  - Perturbation de l'audition (acouphènes)
- Actions
  - Port des EPI
  - Sur les machines (maintenances prévisionnelle, changement de process,...)
  - Utilisation de matériaux absorbants

Exposition quotidienne  
moyenne de 80 dB (A)



# Typologie - Vibrations

- Grandeurs :
  - Fréquence
  - Intensité (mesure par accélération)
- Déformation du corps avec des effets nuisibles croissant avec l'intensité, la durée d'exposition, efforts exercés sur l'outil, fonction de la gamme de fréquence, la posture de travail, l'état de santé ou la fatigue de l'individu
- Transmission:
  - Membres supérieurs: troubles ostéo-articulaires (main, poignet, coude et épaule) et troubles angio-neurotiques (main, troubles circulatoires entraînant stase sanguine avec perte passagère de sensibilité et de troubles musculaires)
  - Ensemble du corps : douleurs thoraciques, abdominales, musculaires, dorsales et lombo-sacrées
- Effets sur les capacités du travail:
  - Diminution des performances visuelles aggravées par des mouvements complexes → erreurs, incidents, accidents
  - Diminution contrôle moteur (mouvements, réflexes, équilibre, posture)
  - Augmentation du temps de réaction (diminution)
- Action :
  - réduction transmission des vibrations au sol ou à l'individu
  - Individu: port EPI, éviter efforts sur l'outil, posture

# Typologie - Ambiance thermique et qualité de l'air

- Microclimat au poste de travail
- Composantes: température, vitesse, déplacement de l'air, humidité et rayonnement infrarouge
- Homme = homéotherme (37°C)
- Mesure implique la connaissance de : caractéristiques de l'ambiance au poste de travail, dépense énergétique au cours de la tâche et isolation vestimentaire de l'opérateur
- Action :
  - En conception architecturale
  - Modification thermique de l'environnement de travail
  - Opérateur:
    - Réduire intensité du travail physique
    - Repos en salle climatisée
    - Favoriser la thermorégulation en acclimatant à l'ambiance thermique du poste



# Typologie - Ambiance lumineuse

- Quantité de lumière naturelle ou artificielle au niveau de la situation de travail
- Aucun risque maladie professionnelle (contrairement aux autres ambiances)
- Mesure:
  - Éclairement: quantité de lumière arrivant au poste
  - Luminance: quantité de lumière qui va pénétrer dans l'œil et stimuler la rétine
  - Contraste: rapport luminance entre l'objet observé et ceux qui l'entoure
- Effets:
  - Luminance :
    - Élevée; éblouissement (vision difficile voire impossible, lésion rétine)
    - Faible: perception mauvaise ou impossible
  - Contraste:
    - Mauvais éclairage ou tâche visuelle éprouvante → fatigue visuelle proportionnelle difficulté et durée de l'exposition
    - Symptômes: oculaires (irritation), visuel (vision dégradée, variation sensibilité) et généraux (fatigue générale, maux de tête)
- Action:
  - Éclairement adapté (200 – 500 lx) , considérer caractéristiques utilisateurs et sa façon de travailler
  - Port EPI

The background of the slide is a photograph of a complex industrial facility, likely a refinery or chemical plant. It features a dense network of large, dark metal pipes, structural steel beams, and walkways with railings. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, emphasizing the metallic textures and the scale of the equipment. A large, teal-colored L-shaped graphic is positioned in the upper right quadrant of the slide, partially overlapping the industrial image and the black text box.

7

## Outils

---

# Recueil du besoin

---

- Entretien
- Auto-confrontation
- Observation
- Questionnaire
- Simulation organisationnelle
- Grilles d'évaluation



A detailed industrial scene featuring a complex network of metal pipes, valves, and structural beams. A staircase with metal railings is visible on the left side. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, emphasizing the metallic textures and industrial environment.

8

Ressources

---



# Liste non exhaustive

- Vidéos
  - Histoire(s) de l'ergonomie – 7 vidéos [https://www.canal-u.tv/video/universite\\_de\\_lorraine/histoire\\_s\\_de\\_l\\_ergonomie\\_1\\_7\\_l\\_emergence\\_l\\_ergonomie\\_comme\\_nouvelle\\_science\\_et\\_technologie.11579](https://www.canal-u.tv/video/universite_de_lorraine/histoire_s_de_l_ergonomie_1_7_l_emergence_l_ergonomie_comme_nouvelle_science_et_technologie.11579)
- Livres
  - Ergonomie, Falzon, puf, 2004, 51 €
  - L'erreur humaine, Reason, 49 €
- Articles
  - Moulières-Sebal, T., Bitonneau, D., Thibault, JF., Salotti, M., et Claverie, B. (2016). La Cobotique: un domaine pluridisciplinaire émergent utile à l'ergonomie. SELF, Marseille.
  - Salotti, JM., Ferreri, E., Ly, O., et Daney, D. (2018). Classification des Systèmes Cobotiques. Ingénierie Cobotique, 1(1).
- Sites web <http://www.learneasy.info/MDME/MEMmods/MEM30008A-EcoErgo/Ergonomics/Ergonomics.html>
- Organismes
  - INRS
  - INSERM
  - ANACT



# ERGONOMIE

ANDRÉA BOISADAN

[aboisadan@cesi.fr](mailto:aboisadan@cesi.fr)