

<http://association-pari.org/>

Nombre de participants : **37**.

Réunion ouverte à **14 h**.

**Compte rendu et présentations sont complémentaires. Suivre les liens intégrés à ce document.**

## SOMMAIRE

<b>I. Présentation de Blue Paper (BP).....</b>	<b>2</b>
I.1. Historique, les dates clé.....	2
<b>II. Nous prévenons les TMS en combinant réalité virtuelle, jumeaux numériques et avatars.....</b>	<b>3</b>
II.1. Chiffres clés relatifs aux TMS.....	3
II.2. Constats et besoins industriels : méthode usuelle d’analyse de poste.....	3
II.3. La solution jumeau numérique : ergonom.io.....	4
II.4. Projet « Interreg VIRTfac ».....	4
II.5. Objectifs de la solution proposée.....	4
II.6. Solutions techniques en projet.....	5
II.7. Les réalisations actuelles en cours.....	5
<b>III. Présentation d’un exosquelette.....</b>	<b>5</b>
<b>IV. Évolutions et performances des exosquelettes au cours de ces dernières années.....</b>	<b>5</b>
IV.1. Présentation de la société.....	5
IV.2. L’exosquelette.....	6
IV.3. Philosophie de la conception et de l’utilisation d’exosquelettes.....	6

Le Président Henri KRUTH, qui a passé 40 ans et 2 mois sur ce site, souhaite la bienvenue aux participants, il remercie Karima de nous accueillir et lui donne la parole.



## I. Présentation de Blue Paper (BP)

---

*Karima CHAKRI, Responsable Qualité Hygiène Environnement, Blue Paper*  
Karima CHAKRI présente Blue Paper comme un modèle d'économie circulaire.

Un film montre l'étendue du site de 33 hectares, dont 25 sont occupés par l'usine.

100 % du papier produit par Blue Paper provient du recyclage des papiers usagés :  
1500 km de papier 100 % recyclé par jour.



### I.1. Historique, les dates clé.

**1936** : création de « La Cellulose de Strasbourg », démarrage industriel.

**1990** : UMP-Kymmene, entreprise finlandaise, prend le contrôle de la Cellulose de Strasbourg qui devient « Stracel ». La machine de production actuelle est installée pour la production de papier journal et de papier pour magazine, Stracel produit sa pâte à papier à partir de rondins de bois.

**2011** : UPM se sépare de Stracel ; l'entreprise belge VPK et l'allemand Klinge, entreprises cartonnères qui recherchaient un site de ce type, s'unissent pour devenir copropriétaires de Stracel qui prend alors le nom de « Blue Paper ».

**Mai 2013**, la transformation de la machine à papier originale permet de produire du papier pour ondulé (PPO) à base de 100 % de papiers et cartons récupérés, c'est une première mondiale ! Depuis 10 ans plus de 20 papeteries se sont transformées selon ce principe, la dernière en date étant Golbey dans les Vosges. La capacité de production de BP a doublé en 12 ans et la collecte des cartons et papiers est locale.

Parallèlement BP innove et s'améliore pour un développement durable et devient producteur d'énergie, tous les équipements sont pilotés par 80 salariés l'entreprise comprenant 165 collaborateurs en tout.

**2015**, développement de la production d'énergie verte et de biogaz à partir des effluents. 20 MW de puissance électrique ont été produits.

**Décembre 2014** : démarrage du moteur Biogaz, un méthaniseur qui traite l'effluent chargé en amidon et en fibres qui nourrissent des bactéries et produisent du biogaz).

**Février 2015** :

- démarrage de la turbine produisant environ 8 MW d'énergie verte, soit un peu plus d'1/3 du besoin de l'usine,
- récupération de la « Chaleur fatale ». La chaleur fatale est l'énergie thermique indirectement produite par le processus qui, aujourd'hui, chauffe Rhéna, les écoles et les logements environnants ; c'est une énergie verte, décarbonée et à ancrage territorial.

**2016-2017**, le stockage est intégralement automatisé par pilotage de deux ponts et de préhenseurs magnétiques, permettant une augmentation de la capacité de stockage.

**Mai 2019** : projet Blue Circle de production d'énergie verte.

**Mars 2021**, mise en service de la première « chaudière à combustibles solides de récupération » (chaaudière CSR) en France. Elle consomme les déchets de carton, mais aussi de tous types (on y trouve des morceaux de véhicules, des tapis, etc., 30 000 t de déchets considérés comme ultimes et non triables qui, autrefois, étaient envoyés en Allemagne ou enfouis. L'excès d'énergie sert également à alimenter le réseau urbain local, écoles, logements etc.

**Mars 2022** : le projet « Bluegas » permet d'installer un 2<sup>e</sup> méthaniseur pour la production d'électricité et de vapeur. Il complète l'installation de 2013, notamment en cas de panne de la 1<sup>e</sup>.

En résumé, Blue Paper met en œuvre 4 boucles éco-circulaires :

- 1<sup>e</sup> boucle : la récupération des cartons et déchets (via des sociétés récupératrices) de 16 industriels du port autonome ;
- 2<sup>e</sup> boucle : la chaudière CSR qui consomme 30 t/h de déchets locaux, elle est alimentée également par les reflux de deux autres papeteries (dont Kaysersberg) ce qui permet une économie importante de gaz ;
- 3<sup>e</sup> boucle : la récupération de la chaleur fatale fait de Blue Paper le 1<sup>er</sup> site industriel du Port Autonome de Strasbourg à fournir sa chaleur au réseau urbain (depuis peu TREDI est le 2<sup>e</sup> site à participer au chauffage urbain en énergie décarbonée) ;

Cette année la décarbonation pour l'ensemble de la production énergétique du site devrait atteindre 90 % et, à terme, l'objectif consiste à ne plus avoir recours au gaz naturel.

Les seuls déchets non traités actuellement sont les cendres, les mâchefers et les déchets dangereux.

## ***II. Nous prévenons les TMS en combinant réalité virtuelle, jumeaux numériques et avatars.***

---

*Bertrand ROSE, Professeur à l'Université de Strasbourg, directeur-adjoint ingénierie de la faculté de Physique et Ingénierie à Université de Strasbourg ; chercheur dans l'unité i-Cube.*

*Jean-Sébastien CLEMMER, Novartis Biopharma, site de Huningue.*

Les travaux décrits ci-dessous sont issus d'un projet européen « jumeaux numériques ».

**T** comme Troubles et Travail...

**M** comme Musculo et Maladies...

**S** comme Squelettiques et Solutions...

### ***II.1. Chiffres clés relatifs aux TMS***

Les données de 2018 proviennent de l'INRS et d'entreprises ; les données de la CARSAT datent de 2022-2024. Les TMS sont la première cause de maladies professionnelles, sachant qu'il y a entre 53 et 73 % de sous-déclarations.

- 87% des MP reconnues sont des TMS,
- 20% des AT sont liés au mal de dos,
- ils représentent 22 000 000 de journées de travail perdues en 2022.

Les enquêtes IFOP/BOS 07/2023 et IFOP/Percko 12/2022 montrent que :

- le mal de dos est toujours le TMS le plus répandu chez les salariés français ;
- les TMS suivent de près les RPS et leur prévention est en 3<sup>e</sup> position de l'attente des employeurs ;
- il existe une prise de conscience réelle parmi les employés, l'efficacité de la prévention est reconnue, les notions de confort de santé et de bien-être au travail ressortent souvent dans les enquêtes, ainsi que la nécessité de développer des actions de prévention ;
- sur 1000 personnes interrogées souffrant d'au moins un TMS, il y a prévalence des maux de dos et des épaules ;
- en fonction des classes d'âge et des diplômes, on constate une relative homogénéité, il y a donc une vraie attente de l'ensemble des personnels.
- les liens activité professionnelle-TMS sont de 77 %.
- les douleurs liées aux TMS sont massivement attribuées au travail, en particulier par les salariés souffrant du dos et les télétravailleurs à temps complet ; les résultats concernant les personnes ayant mal au dos au moins une fois/semaine, au cours des douze derniers mois, sont homogènes, ce qui confirme que cela touche bien l'ensemble des personnels.

### ***II.2. Constats et besoins industriels : méthode usuelle d'analyse de poste***

L'analyse simultanée des gestes de l'opérateur mais aussi du poste de travail sont indispensables et il faudra améliorer le poste sans toucher à l'organe de travail dans son ensemble. Il est donc indispensable de numériser aussi l'environnement ! Un casque du commerce (d'un coût de 300 € environ) donne des rendus très réalistes.

1. Analyse du poste de travail
  - Environnement.
  - Organisation.
  - Facteurs d'ambiance.
2. Analyse des gestes de l'opérateur
  - Observation et collecte des données, numérisation.
  - Analyse des données.
  - Propositions et simulation d'améliorations.
  - Mise en œuvre et suivi.

### **II.3. La solution jumeau numérique : ergonom.io**

L'objectif consiste à pouvoir passer du réel au virtuel en numérisant les scènes de travail et au plus près des gestes de l'opérateur, mais en intégrant aussi l'environnement avec un casque du commerce Oculus (méta).

### **II.4. Projet « Interreg VIRTfac ».**

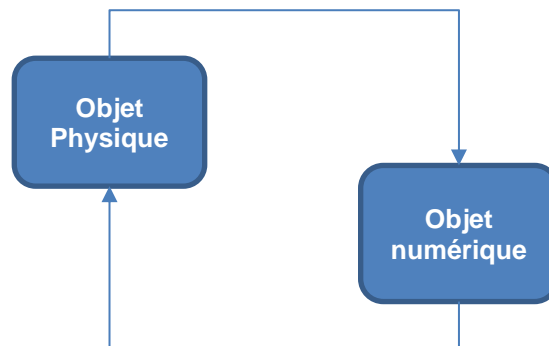
Le projet est financé par le programme « Interreg Rhin Supérieur », son domaine est plus étendu que les TMS et il permet une accessibilité aux PME.

L'objectif vise à optimiser le passage à l'industrie 4.0 et à planifier le bon système de production au bon moment.

C'est la notion de jumeau numérique (ergonom.io)<sup>1</sup>, qui permet un rendu en 3D avec possibilité d'interfacer différents éléments, qui a été appliquée et développée à l'Usine-école FleXtory de l'IUT de Haguenau.

Un budget de 700 000 €, dont 350 000 € de matériel, permet l'interfaçage et la communication des différents éléments, ombres et jumeaux (bouclage complet) en utilisant un algorithme de réalité virtuelle.

Aujourd'hui seules les simulations numériques seront présentées.



### **II.5. Objectifs de la solution proposée**

Fonctionnalités : disposer d'un travailleur virtuel Ad'hoc pour l'entreprise, facilités d'accessibilité et d'utilisation.

Le poste de travail et les gestes de l'opérateur sont captés et numérisés à l'aide d'une caméra gopro classique l'opérateur portant une combinaison utilisée au cinémas pour les effets spéciaux (budget matériel de 2 à 6 000 €).

Par implantation dans la réalité virtuelle (RV) les gestes sont analysés sur un mannequin 3D évoluant dans le poste de travail virtuel, avec affichage simultané de cotations suivant la Norme RULA. Un code couleur permet d'identifier et de visualiser facilement les facteurs de risque.

Cette méthode est plus précise que la cotation angulaire du modèle INRS. On peut si nécessaire ajouter un lidar (maintenant intégré à l'iPhone15 !).

---

<sup>1</sup> ERGONOM.IO OU L'ERGONOMIE POUR L'USINE DU FUTUR - Quentin MISSLIN, Jérôme GROSJEAN, Thierry BLANDET, Bertrand ROSE – Laboratoire ICUBE, 300 Bd Sébastien Brant, 67400 Illkirch-Graffenstaden.

On peut ainsi reconcevoir le poste de travail en réalité virtuelle pour améliorer les postures et les gestes de l'opérateur et atteindre des valeurs minimum (couleur verte).

## II.6. Solutions techniques en projet

- Une nouvelle combinaison est à l'étude pour pouvoir intégrer le port de charge.
- Projet Ergonom-MMH : développement d'un outil d'analyse de la tâche de manutention manuelle et de l'influence du port d'un exosquelette en réalité virtuelle.
- Un autre exemple de module développé : la création (très basique) de bâtiments d'usine optimisés.

## II.7. Les réalisations actuelles en cours

Contexte : les prestations sont réalisées sous forme de collaborations de recherche avec éligibilité aux crédits d'impôts de recherche.

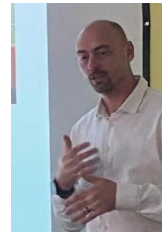
- TENNECO, Schirmeck : étude des postes où sont manipulées les grosses soupapes marines.

Utilisation de l'Intelligence artificielle pour l'analyse d'image et, surtout, la détermination des meilleures positions par calcul (« reverse ergonomique »).

- Novartis Biopharma, Huningue (Jean-Sébastien CLEMMER),

Les études, effectuées en partenariat avec l'université de Strasbourg, portent sur l'amélioration des conditions de travail au niveau d'un poste de logistique.

La présentation d'une vidéo, qui visualise l'avatar et la combinaison des gestes, permet une meilleure prise de conscience des opérateurs, ce qui facilite la recherche de solutions plus ergonomiques et bien acceptées. Cette technique a également profité à la centrale de pesée avec EPI .



Il y a également un aspect formation en RV qui présente ce qui ne convient pas.

Q.: Henri KRUTH demande si le poids de la charge est pris en compte ?

R.: Pas dans ces présentations, mais cette intégration est en cours !

## III. Présentation d'un exosquelette.

Manuel KULINICZ – SOPREMA.

Acheté il y a une dizaine d'années pour 6 000 €, il n'a été utilisé qu'un mois !

Son poids, 12 kg, son encombrement, son efficacité limitée, l'ont remis rapidement au Musée SOPREMA. Il réduisait le mal de dos mais, en contrepartie, il provoquait des maux d'épaules résultant de la nécessité de tendre des ressorts relativement puissants. De plus les dérèglages étaient fréquents.

La génération actuelle d'exosquelettes permet une mise en œuvre beaucoup plus rapide, pour un coût attractif, ils sont légers et faciles à mettre, à utiliser et à enlever.



## IV. Évolutions et performances des exosquelettes au cours de ces dernières années.

Joël DELLEVI, ErgoSanté.

### IV.1. Présentation de la société

L'entreprise française a été créée en 2013 à Anduze (Gard).

À l'origine, et actuellement encore, elle fabrique des sièges ergonomiques « préventifs » et « curatifs » et pratique également le recyclage de sièges usagés. Ceux-ci sont reconditionnés et revendus ; si leur état ne permet pas leur recyclage, ils suivent un traitement de récupération des composants et les parties non récupérables sont broyées.



En 2016 la société a complété sa gamme en concevant un premier exosquelette (modèle Shiva exo) testé au technicentre SNCF de Bischheim. Il était lourd et cher comme le modèle utilisé chez SOPREMA !

Par la suite, trois modèles ont été conçus et développés, plus spécialisés, plus légers (2 à 3 kg) et plus maniables. Ils constituent la gamme actuelle.

- HAPO FRONT 2021 (soulage les muscles des membres supérieurs)
- HAPO ET HAPO SD (2022)
- HAPO UP 2023 (Harnais de Posture).

Les exosquelettes conçus par ErgoSanté font l'objet d'évaluations et de publications scientifiques.

Des solutions ergonomiques innovantes sont également proposées pour améliorer les conditions de travail :

- aménagement de postes,
- reconditionnement de sièges de bureau,
- utilisation d'un outil d'évaluation ergonomique, le « LEA » (outil d'analyse posturale),
- des exosquelettes : assistance physique.

#### **IV.2. L'exosquelette**

Il a pour but de protéger la santé des salariés en répartissant et redirigeant les efforts :

- il réduit les efforts excessifs,
- il réduit les postures contraignantes...mais pas le risque de TMS lié à la répétitivité des gestes,
- il ne doit pas être utilisé avec pour objectif d'augmenter la productivité !!!
- il permet de faciliter le travail,
- il aide à réduire la fatigue,
- il permet de maintenir l'opérateur dans l'emploi.

Les exosquelettes existent depuis 1889, sous forme passive d'abord, puis active en ajoutant une batterie et des moteurs (modèle « Hardimann »).

Il est indispensable d'être formé aux bonnes pratiques d'utilisation de l'exosquelette pour faire en sorte que les salariés les intègrent volontairement dans les processus de travail.

Il n'existe pas pour le moment de norme de fabrication, les seules normes concernant les exosquelettes sont des normes d'intégration :

- la norme NF X35-109 relative à la manutention manuelle de charge ;
- la norme X35-800 (août 2023) méthode d'intégration des dispositifs et robots d'assistance physique à contention de type exosquelette.

Le fournisseur doit accompagner la mise en place des exosquelettes dans l'entreprise et assurer leur intégration auprès des opérateurs.

#### **IV.3. Philosophie de la conception et de l'utilisation d'exosquelettes.**



C'est une solution individuelle pour les travailleurs, il doit être simple d'utilisation, mis ou enlevé en 1 min, sinon il ne sera pas utilisé.

Il est nécessaire de combattre les idées reçues avant toute présentation et utilisation de l'appareil : il n'évitera pas tous les TMS et n'aidera pas l'opérateur en cas de mauvais geste ! Il doit servir pour des tâches données, répétitives, pour des durées de 1 à 2 heures de travail !

Un exosquelette est un EPI, son utilisation est une mesure individuelle. Par conséquent, avant de le préconiser, il faut s'assurer que des protections collectives ne peuvent pas être appliquées, en accord avec les 9 principes généraux de prévention (art. L4121-2 du Code du Travail). Il est très important d'analyser l'ensemble du poste de travail ; l'exosquelette n'est utilisé qu'en dernier ressort.

La couleur noire permet une meilleure intégration et une meilleure acceptation par les salariés.

Les entreprises voulant acquérir des exosquelettes peuvent bénéficier d'aides financières attribuées en fonction de prérequis. Par exemple :

- Le programme « TMS Pro Action » de la CARSAT propose une aide pouvant atteindre 25 000 € pour les TPE et PME.
- Dans le cadre du maintien dans l'emploi de salariés jouissant de la reconnaissance de la qualité de travailleur handicapé (RQTH), qui permet de bénéficier d'aides pour l'adaptation des postes de travail.

*Q.: Combien coûte un exosquelette ?*

R.: En moyenne 1500 €.

*Q.: Rencontrez-vous des sociétés qui imposent l'utilisation des exosquelettes ?*

R.: Une entreprise seulement à Reims, mais c'est rare, en général les entreprises laissent le choix au salariés. Il faut que l'employé trouve son intérêt à le porter.

Manuel KULINICZ précise que Soprema risque d'imposer le port d'exosquelette pour certains travaux, mais des précautions seront prises, ce sera validé par le médecin du travail et avec l'accord de l'employé qui le testera, en espérant qu'il se l'appropriera ensuite.

Henri rappelle que si l'exosquelette est utilisé comme EPI, l'employeur doit prouver que l'on ne peut pas trouver d'autre solution (collective).

*Q.: Un apprentissage standard est-il intégré ?*

R.: Oui, car il va obliger à adopter la bonne posture et à faire les bons gestes. Cas de figure : éviter le risque de blesser un collègue, et il faut savoir trouver le bon poste où il est bien adapté.

*Q.: Si un exosquelette doit être utilisé par plusieurs salariés, comment résoudre les problèmes d'hygiène, notamment en été ?*

R.: En principe un exosquelette devrait rester individuel pour des raisons d'hygiène. Il peut être démonté et les parties en tissus peuvent être lavées facilement en machine. Autre solution, on peut prévoir des manchons personnels... Pour les postes en trois-huit c'est plus compliqué.

*Q.: Y-a-t-il des suivis périodiques à respecter ?*

R.: Non ! Il n'y a pas de règle ni de norme dans ce domaine pour les exosquelettes. On l'entretien à l'aide de contrôles visuels, notamment pour détecter des signes d'usure, des parties décousues peuvent facilement être recousues. Il n'y a pas non plus de norme d'utilisation des exosquelettes (cf. § IV.2).

*Q.: Est-ce que l'on peut porter un vêtement par-dessus ?*

R.: Oui étant donné que c'est un appareil léger et peu encombrant. Une veste peut également se porter en-dessous, ou une blouse pour les infirmières par exemple. Pour les travaux en hauteur on peut facilement ajouter un harnais.

La réunion est terminée à **16 h 30**.

Nous sommes invités pour le verre de l'amitié, et les participants qui le souhaitent peuvent visiter l'entreprise équipés de chaussures de sécurité et de casques de protection auditive et de communication.

**Le 16/02/2024**

**La secrétaire adjointe, Élise RUDOLF**

**Le secrétaire, Jean DUCRET**

