

Regards croisés en SHS sur les Exosquelettes :

Usages, Enjeux et Perspectives

Jeudi 15 et vendredi 16 mai 2025

Maison de la Recherche
Université d'Artois - Pôle d'Arras



- **Inscription via le QR Code** : présentiel ou distanciel
- **Lien de connexion** : <https://urls.fr/drmeV6>
- **Responsable scientifique** : Nathalie Nevejans (PR en droit, Université d'Artois)



Objectifs du colloque :

Les patients en situation de handicap, en particulier les personnes atteintes de tétraplégie, disposent actuellement de peu de solutions techniques leur permettant d'atteindre un niveau d'autonomie optimal dans leur quotidien. Dans ce contexte, les avancées technologiques relatives aux exosquelettes apparaissent comme une perspective prometteuse. Toutefois, leur développement et leur mise en application nécessitent une analyse approfondie sous l'angle des sciences humaines et sociales (SHS).

En effet, au-delà des défis technologiques et des performances biomécaniques de ces dispositifs, de nombreuses questions relevant des SHS méritent d'être explorées. Sur le plan juridique, il convient d'examiner les implications en matière de protection des données personnelles, les risques pour les droits fondamentaux des utilisateurs, ainsi que les responsabilités engagées en cas de dysfonctionnement ou d'accident. Par ailleurs, la réglementation de la mise sur le marché et l'utilisation de ces dispositifs soulèvent des problématiques complexes qui nécessitent d'être décortiquées.

D'autres disciplines des SHS sont également concernées par cette révolution technologique. L'éthique joue un rôle fondamental dans la définition des usages acceptables et des limites du recours à ces technologies. La psychologie et l'ergonomie permettent d'évaluer l'impact cognitif et physique de l'utilisation prolongée d'un exosquelette sur le patient. Le design intervient également dans la conception de dispositifs adaptés aux besoins des utilisateurs, en tenant compte des aspects esthétiques, fonctionnels et ergonomiques. L'économie et la sociologie, quant à elles, examinent les enjeux de coût, d'accessibilité et d'acceptabilité sociale de ces innovations. Enfin, l'anthropologie interroge les transformations du rapport entre l'humain et la machine, ainsi que les modifications des interactions sociales induites par ces dispositifs.

Si l'objectif est de permettre à un exosquelette – doté ou non d'intelligence artificielle – de quitter le cadre expérimental des laboratoires pour être utilisé dans des conditions réelles, que ce soit par un patient à l'hôpital, à domicile, ou encore par un salarié dans son environnement professionnel, plusieurs questions doivent être résolues. Il s'agit notamment de déterminer les étapes clés du développement de ces dispositifs, d'identifier les parties prenantes impliquées dans leur conception et leur déploiement, ainsi que de fixer les moments opportuns pour intégrer ces réflexions au cycle de développement de la machine.

L'introduction des exosquelettes dans le domaine médical et professionnel ne se limite donc pas à une avancée technologique : elle engage une réflexion interdisciplinaire sur les impacts humains, sociétaux et économiques de ces dispositifs. Leur intégration réussie dépendra de la capacité des chercheurs, des industriels, des décideurs et des patients à travailler conjointement afin d'anticiper et de répondre aux défis qui se présentent. Dès lors, les exosquelettes ne doivent pas être envisagés uniquement comme des outils d'assistance, mais comme des objets technologiques nécessitant une approche globale et concertée pour garantir leur efficacité et leur acceptabilité dans notre société.

Le colloque, qui s'inscrit dans le cadre du projet de recherche PEPR O2R ASSISTMOV du CEA Saclay (List) associé à la Chaire IA Responsable (CDEP) de l'Université d'Artois, sera l'occasion de témoigner de l'importance de décommunautariser la recherche et d'inciter à penser tout le cycle de la conception à l'utilisation de l'exosquelette en partenariat avec les chercheurs issus des SHS.

· 10 h : Accueil des participants

· 10 h 30 : Introduction

· **Mots de bienvenue, Marion Ho-Dac** (PR en droit, directrice du CDEP, Université d'Artois, Faculté de droit de Douai)

· **Présentation du projet de recherche PEPR O2R ASSISTMOV, Franck Geffard** (Ingénieur de Recherche, CEA LIST, Porteur du projet)

· **Propos introductifs, Nathalie Nevejans** (PR en droit, Université d'Artois, Faculté de droit de Douai, Porteuse du projet Chaire IA Responsable (ANR-19-CHIA-0008))

De la conception à la mise sur le marché d'un exosquelette

11 h 15 - Panel 1 : L'exosquelette, une machine plurielle

· **De l'exosquelette mécanique à l'exosquelette robotisé, Philippe Garrec** (ingénieur chercheur, CEA, expert robotique)

· **Résumé** : Chronologie de l'apparition des exosquelettes, les principes physiques, les applications actuelles et les attentes pour demain.

· **Cartographie des imaginaires des exosquelettes et ses potentiels effets sur les développements des dispositifs médicaux, Ioana Ocnarescu** (Directrice de la recherche, Responsable du laboratoire Robotics by Design Lab, Strate école de design) & Emna Kamoun (Enseignante chercheuse, Responsable du cursus Design Transition[s], Strate école de design)

· **Résumé** : Depuis les premières conceptions d'exosquelettes (ou autres dispositifs assimilés) jusqu'aux développements contemporains, ces objets-machines sont investis d'imaginaires puissants. Du fait de leur corporéité et des différents rôles qu'ils peuvent jouer dans la vie d'individus ou de personnages fictifs, les imaginaires des exosquelettes s'imposent à nous sans qu'on y pense et influencent nos perceptions. Identifier et conscientiser ces influences formelles, voire idéologiques est alors crucial avant d'entreprendre un processus de conception.

Cette intervention proposera une cartographie des imaginaires associés aux exosquelettes dans différents contextes d'usages, allant des représentations dominantes constituant un certain imaginaire collectif (super-héros, augmentation humaine, réparations biomécaniques, etc.), aux expérimentations plus singulières pouvant mener vers une approche d'innovation radicale.

Initiant un dialogue sur l'hybridation méthodologique interdisciplinaire et la co-conception nécessaires (et encouragées dans le cadre du PEPR robotique organique), l'objectif est de questionner l'impact des imaginaires des exosquelettes sur les orientations technologiques et les choix de conception.

Ainsi, à travers une meilleure appréhension des dynamiques symboliques et culturelles, nous pourrons prétendre à des solutions robotiques soutenables et qui s'inscrivent dans une écologie du soin.

Résumé : La cognition incarnée propose une compréhension de la cognition qui met l'accent sur l'interaction dynamique entre le corps, le cerveau et l'environnement. Cette perspective s'oppose aux conceptions traditionnelles qui séparent l'esprit du corps ou se centrent uniquement sur le cerveau, et souligne que nos capacités cognitives sont profondément ancrées dans notre corps et notre interaction avec le monde.

La mémoire, dans cette perspective, n'est pas simplement un stockage d'informations, mais un processus dynamique lié à nos expériences corporelles. Nos souvenirs sont façonnés par nos actions et nos perceptions, et leur rappel implique souvent de réactiver ces mêmes processus sensori-moteurs.

La cognition incarnée a des implications significatives pour le développement et l'utilisation des exosquelettes. Ces dispositifs, conçus pour augmenter ou restaurer les capacités physiques, doivent être compris dans le contexte de l'interaction corps-esprit-environnement. L'utilisation d'un exosquelette nécessite un apprentissage moteur qui s'appuie sur les principes de la cognition incarnée. L'entraînement doit favoriser l'intégration des signaux sensoriels provenant de l'exosquelette et l'adaptation aux nouvelles possibilités de mouvement. Un exosquelette efficace doit permettre une interaction fluide et intuitive avec le corps de l'utilisateur. Il doit devenir une extension du corps, permettant un contrôle naturel et une perception transparente de l'environnement. Les exosquelettes peuvent influencer nos interactions sociales. Ils peuvent modifier notre perception de nous-mêmes et des autres, et impacter notre communication non verbale. La conception de ces dispositifs doit prendre en compte ces aspects sociaux de la cognition.

La cognition incarnée offre un cadre théorique pour comprendre comment les exosquelettes peuvent être intégrés de manière harmonieuse à notre expérience corporelle. En prenant en compte les principes de l'apprentissage moteur, de l'intégration sensorielle et de la cognition sociale, il est possible de concevoir des exosquelettes qui augmentent véritablement nos capacités tout en respectant notre nature incarnée.

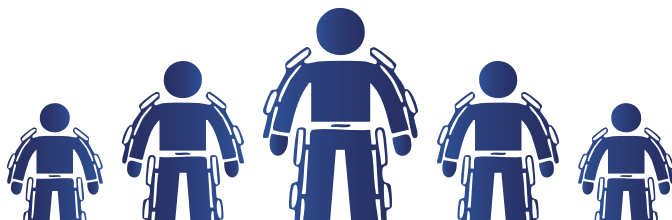
• 12 h : Questions

• 12 h 30 : Déjeuner

14 h 30 - *Panel 2 : Le déploiement d'un exosquelette*

La mise sur le marché d'un exosquelette, un millefeuille réglementaire, Davide Bausani (doctorant en droit, Université de Calabre-Université d'Artois)

Résumé : La mise sur le marché d'un produit exige dans l'UE l'application de règles de l'UE (Règlement DM, Règlement Machines, Règlement IA, RGPD) qui sont non seulement complexes, mais ont pour particularité de fonctionner en "millefeuille" car elles s'additionnent potentiellement. La mise sur le marché d'un exosquelette, qu'il soit dédié au travail ou aux soins, devra respecter ces règles afin de pouvoir être vendus, loués, prêtés, ou encore donnés dans l'UE.



Le cycle de vie de l'exosquelette à l'aune de la protection des données à caractère personnel et du droit de l'IA, [Olivia Tambou](#) (MCF HDR en droit, Université Paris-Dauphine)

Résumé : Comment mettre en place un projet d'exosquelette qui soit conçu avec une logique de protection des données by design, et quelles questions juridiques posent les exosquelettes au travers du cycle complet allant du laboratoire à la maison. Quelle conformité juridique et quelle approche éthique au regard de la protection des données ? Quel impact de l'utilisation de l'IA dans la conception et l'utilisation d'un exosquelette ?

Le droit des assurances face au développement des exosquelettes, [Amandine Cayol](#) (MCF HDR en droit privé et codirectrice du Master Assurances, Faculté de droit de Caen) et [Rodolphe Bigot](#) (MCF en droit privé et codirecteur de la LP Assurance Banque Finance, Le Mans université)

Résumé : Le développement d'exosquelettes questionne quant aux contrats d'assurances mobilisables, d'une part pour indemniser les dommages causés aux exosquelettes et, d'autre part, pour indemniser les dommages matériels ou corporels susceptibles d'être causés par l'utilisation d'exosquelettes.

• 16 h : Questions

• 16 h 30 : Cocktail



· 9 h 30 : Accueil des participants

L'utilisation de l'exosquelette

10 h - *Panel 3 : L'utilisation d'un exosquelette, des questions plurielles*

Usages technologiques partagés : Vers une humilité exo-ortho-prothétique,
Evelyne Lasserre (MCF en Anthropologie Lyon 1 UMR 5600 EVS), Axel Guïoux
(MCF en Anthropologie Lyon 2 UMR 5600 EVS), Paul-Fabien Groud (Chercheur en
Anthropologie Lyon 2 UMR 5600 EVS)

Résumé : Si l'anthropologie sociale et culturelle s'est, dès sa formation, penchée sur les façons dont l'humanité a conçu des techniques transformant les usages corporels et les interactions avec les environnements matériels, cet intérêt s'est initialement concentré sur des contextes éloignés, tant sur le plan historique que géographique. Dans cette perspective, interroger un dispositif technologiquement sophistiqué tel que l'exosquelette ne va pas de soi sur le plan épistémologique.

En inscrivant notre démarche dans le prolongement d'enquêtes de terrain à visée ethnographique, nous chercherons à décrire comment l'observation in situ de cet appareillage, dans un centre de réadaptation, nous amène à nous éloigner de l'imaginaire du cyborg, fondé sur les idées d'augmentation et de dépassement. Son usage, dans des situations impliquant des corps empêchés ou en situation de handicap, en révèle au contraire le statut d'outil aux contours incertains et ambigus.

Pour ce faire, à partir de l'historique de nos recherches antérieures portant sur les représentations et fictions technologiques, nous analyserons les usages concrets de ces aides techniques, dans le cadre de pratiques de compensation ou de soutien, auprès des personnes concernées – qu'il s'agisse des usagers/usagères ou des professionnels/professionnelles de santé. Cela nous permettra de resituer les enjeux socio-techniques de l'exosquelette.

Les exosquelettes, entre réparation et augmentation de l'humain, Youenn Simon
(doctorant en droit, Université d'Artois)

Résumé : L'exosquelette permet de compenser efficacement les défaillances corporelles de l'Homme. Ainsi, ce procédé constitue un moyen curatif essentiel pour le bien sociétal. Toutefois, ce dispositif offre également la possibilité à l'Homme d'augmenter ses capacités physiques pouvant tendre vers une forme de transhumanisme. Ce dernier renvoie à la notion d'amélioration de l'humain, via les sciences et technologies, en passe de conduire à une post-humanité. Le fil d'ariane entre ces deux notions de réparation et d'augmentation de l'humain s'avère indispensable afin de contribuer au développement optimal de ce processus au sein de notre société.

Les obligations du déployeur d'un exosquelette : la figure d'un déployeur responsable, Baptiste Martinez (docteur en droit)

Résumé : L'utilisation d'un exosquelette est encadrée par le règlement sur l'IA. Dans la nomenclature de ce règlement, l'utilisateur d'un système d'IA est le déployeur. Il s'agit d'« une personne physique ou morale, une autorité publique, une agence ou un autre organisme utilisant sous sa propre autorité un système d'IA sauf lorsque ce système est utilisé dans le cadre d'une activité personnelle à caractère non professionnel ». Ce texte impose aux déployeurs de système d'IA à haut risque, qualification pouvant être retenue pour les exosquelettes notamment lorsqu'ils sont utilisés dans un contexte médical, diverses obligations, majoritairement contenues dans l'article 26 du règlement sur l'IA.

La principale obligation incombant au déployeur d'un système d'IA à haut risque consiste à respecter la notice d'utilisation accompagnant ce système. Cette obligation lui impose de prendre des mesures techniques et organisationnelles appropriées pour garantir un usage conforme à la notice. Cela concerne le respect de la destination du système d'IA mais aussi la mise en œuvre d'un contrôle humain. Ensuite, le déployeur est tenu d'une obligation de surveillance du système d'IA, qui implique une participation active au contrôle du comportement du système d'IA. Enfin, le déployeur est soumis à une obligation de contrôle des données mais aussi de transparence, applicable à certains systèmes d'IA.

L'étude de l'ensemble de ces obligations permet de dresser le portrait d'un déployeur comptable et responsable de l'utilisation d'un système d'IA.

Exosquelettes et responsabilité pénale, Jean-Claude Planque (MCF en droit, Université de Lille, délégation INRIA pour 2024-2025)

Résumé : L'essor des exosquelettes dans divers secteurs (médical, industriel, militaire) soulève des questions juridiques nombreuses et inédites. Le droit répressif n'échappe pas à ces questionnements. La présence actuelle, et son développement, plus que probable dans un avenir proche, des exosquelettes dans notre quotidien invite le pénaliste à s'interroger sur l'application des principes généraux et des incriminations existantes que ce soit pour rendre responsable pénalement l'utilisateur, l'employeur de ce dernier le concepteur, le fabricant ou tout autre personne physique ou morale.

A travers l'évocation de cas concrets ou hypothétiques nous passerons en revue les possibilités de fautes intentionnelles comme de fautes d'imprudence. La question d'éventuelles exonérations de responsabilité pénale devra également être posée.

Il sera alors possible de s'interroger sur la nécessité de créer un régime particulier de responsabilité pénale dédié à ces nouvelles technologies.

• 11 h 45 : Questions

• 12 h : Déjeuner



Les facteurs d'acceptation des exosquelettes en milieu professionnel, Wendy Schleich (doctorante en psychologie du travail et ergonomie, Université de Picardie Jules Verne)

Résumé : Les entreprises sont de plus en plus nombreuses à s'interroger sur les potentiels apports des exosquelettes dans le cadre de la prévention des troubles musculosquelettiques (TMS). Toutefois, de nombreuses questions demeurent : comment accompagner les entreprises dans cette démarche ? Comment sélectionner le ou les modèle(s) pertinent(s) ? Quels sont les facteurs favorisant l'acceptation de ces dispositifs par les futurs utilisateurs ? Afin de tenter de répondre à ces questions, cette intervention présentera un projet initié dans le secteur de la grande distribution en 2022.

L'usage de l'exosquelette dans le monde du travail, Dimitra Pallantza (MCF en droit, Université d'Artois)

Résumé : L'introduction des exosquelettes dans le monde du travail a connu au fil des ans une évolution remarquable. Répandue actuellement au sein de plusieurs secteurs d'activités (BTP, industrie, agriculture, manutention...) leur utilisation implique non seulement d'importants enjeux juridiques, mais aussi éthiques et sociologiques. D'un côté, l'exosquelette est un dispositif mécanique au service de la santé et de la sécurité des travailleurs, car permet de prévenir la pénibilité, en diminuant notamment les facteurs des risques professionnels et la survenance de graves accidents de travail. Inhérente à l'obligation de sécurité qui pèse sur l'employeur, leur utilisation relève ainsi primordialement de la réglementation en matière de santé et de sécurité au travail. De plus, en tant qu'équipements de travail, ils sont également soumis à la réglementation européenne relative aux « Machines » engendrant des obligations supplémentaires de conformité. Ces obligations se renforcent pour la nouvelle génération d'exosquelettes intelligents pilotés par de logiciels d'IA qui doivent également s'adapter au nouveau Règlement IA. D'un autre côté, l'exosquelette peut avoir, dans certains cas, le statut d'un dispositif médical ayant le potentiel de se transformer en instrument inclusif dans l'emploi pour certaines catégories de travailleurs vulnérables. Tel est le cas pour les salariés plus âgés (grâce notamment à la démultiplication des forces qui est développée), mais surtout pour les salariés en situation du handicap. Un nouveau champ de recherches juridiques pourrait effectivement s'ouvrir avec l'apparition des neuroprothèses reliées à un exosquelette extérieur. Si ce progrès technique – qui relève aussi d'autres réglementations – est encore peu accessible, il ne laisse par intacte la problématique de l'emploi inclusif pour les années à venir.



Exosquelettes : usages dans le monde de la sécurité et de la défense, Julien Faidherbe (docteur en droit)

Résumé : L'émergence des exosquelettes militaires marque une avancée significative dans l'optimisation des capacités physiques et cognitives des soldats, tout en soulevant des interrogations majeures quant à leur encadrement éthique, juridique et technologique.

Sur le plan éthique, ces dispositifs modifient la posture du combattant face aux contraintes opérationnelles, nécessitant une réflexion sur la préservation de son intégrité physique et mentale. La maîtrise du discernement, la gestion de la force et le respect des principes fondamentaux du droit des conflits armés constituent des repères essentiels face à ces avancées technologiques.

Leur encadrement juridique impose une clarification des responsabilités en cas de défaillance, une distinction entre les régulations relatives à leur développement et leur emploi, ainsi qu'une garantie de leur conformité aux conventions internationales. La collaboration croissante avec des fournisseurs privés nécessite également des ajustements réglementaires, afin d'assurer un cadre légal précis et adapté aux réalités militaires contemporaines.

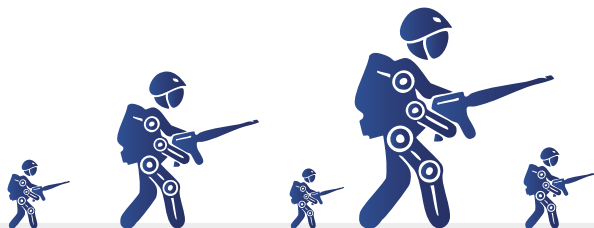
Par leur impact technologique et stratégique, les exosquelettes modifient en profondeur la conduite des conflits, en offrant une mobilité accrue, une réduction de la fatigue et une adaptabilité améliorée aux environnements extrêmes. Leur intégration dans les forces armées soulève toutefois des questions géopolitiques, notamment quant à l'accès différencié à ces technologies et aux enjeux de souveraineté liés à leur développement et leur exportation.

Ces innovations ne sont pas exemptes de contraintes techniques et environnementales. La gestion des ressources énergétiques, la fiabilité des dispositifs et leur durabilité en milieu hostile nécessitent des ajustements technologiques continus afin de garantir leur efficacité opérationnelle sans compromettre les standards militaires établis.

Ainsi, cette contribution vise à esquisser les principaux enjeux soulevés par l'intégration des exosquelettes militaires, en soulignant la nécessité d'une approche interdisciplinaire, mêlant éthique, droit et ingénierie, afin d'assurer une mise en œuvre cohérente et responsable.

• 14 h 30 : Questions

• 14 h 45 - 15 h 15 : Pause-café



15 h 15 – Panel 5 : L'utilisation de l'exosquelette dans un contexte médical

Evaluation médico-économique et remboursement de l'exosquelette, Myriam Le Goff-Pronost (Directrice d'études à IMT Atlantique Institut Mines-Télécom Atlantique Bretagne-Pays de la Loire en économie) et Adzinyo Agbemanyole (doctorant en économie)

Résumé : L'évaluation médico-économique des exosquelettes représente un enjeu clé pour leur remboursement par les organismes de santé. Cette intervention abordera les attentes en termes de validation de l'efficacité dans la procédure de mise sur le marché. Un état de l'art des études coût-efficacité menées et les résultats obtenus seront présentés. Nous discuterons également des perspectives d'évolution des modèles de financement, des modèles économiques et des stratégies pour favoriser l'accessibilité de ces technologies innovantes.

Retour d'utilisation sur les exosquelettes de marche utilisés à Berck, Emmanuel Knapen (directeur des soins de rééducation, centre J. Calvé et de l'association Approche)

Résumé : L'utilisation d'un exosquelette de marche dans un centre de rééducation fonctionnel doit répondre à des besoins clairement identifiés, afin d'apporter une réelle plus-value rééducative et/ou réadaptative à l'utilisateur. Le choix et l'introduction d'un dispositif robotique nécessitent de repenser les pratiques professionnelles en fonction des impacts et des attentes souvent peu étayées par une publication scientifique de qualité.

Le retour d'expérience sur la Fondation Hopale est un exemple parlant. Des établissements d'un même groupe ont fait un choix diamétralement opposé pour s'équiper. Une réflexion éclairée pluri-professionnelle est indispensable dans l'acquisition d'un dispositif, comme l'exosquelette. L'introduction de ce type de dispositif dans nos protocoles de prise en charge, nous sort clairement de notre zone de confort et nous met face à des questionnements éthiques et juridiques pour lesquels, nous, soignants, ne sommes pas aguerris.

Défaillance d'un exosquelette médical : quelles responsabilités ?, Alison Blondeau (doctorante en droit, Université d'Artois)

Résumé : Que se passe-t-il lorsqu'un exosquelette médical, censé soutenir, aider, soulager... en vient à blesser ou à dysfonctionner ? Cette intervention abordera la question de la responsabilité en cas de défaut d'un exosquelette utilisé dans un contexte de soin et de rééducation. Entre responsabilités du fabricant, des soignants ou de l'établissement, il s'agira d'évaluer l'efficacité et les limites du cadre juridique existant, composé en Union européenne du droit des dispositifs médicaux, de l'IA et des principes de la responsabilité civile, face aux spécificités technologiques et aux usages émergents de ces dispositifs.

16 h 20 - Conclusion du colloque

Conclusion, Jean-Pierre Merlet (Directeur de recherche émérite, expert en robotique d'assistance à la personne, INRIA Sophia Antipolis)

• 16 h 40 : Questions

• 17 h : Cocktail de clôture du colloque

