

**JOURNÉE
TECHNIQUE**

Exosquelettes au travail

26 Novembre 2019

PARIS

Etude des conséquences physiologiques de l'usage
d'exosquelettes lors de tâches de manutention

K. Desbrosses & M. Schwartz
Département Homme au Travail, INRS

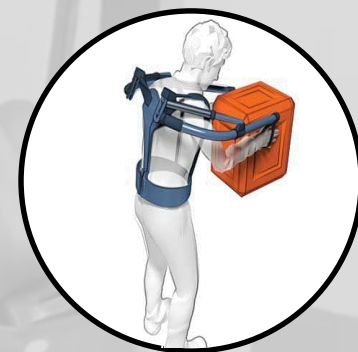
Exo DOS

Assistance au redressement du tronc



Exo Memb. Sup.

Assistance à l'élévation des bras

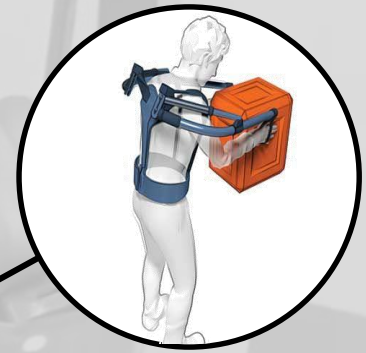
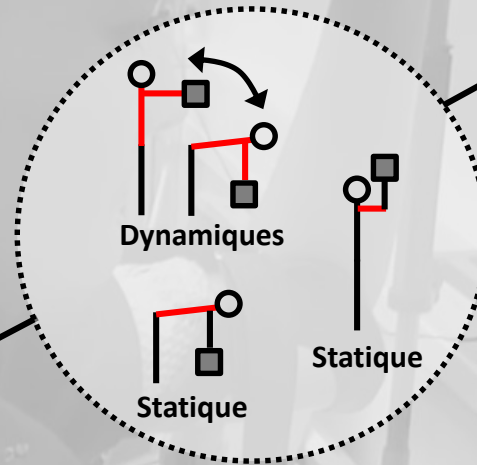


Contexte



Exo DOS

Assistance au redressement du tronc



Exo Memb. Sup.

Assistance à l'élévation des bras

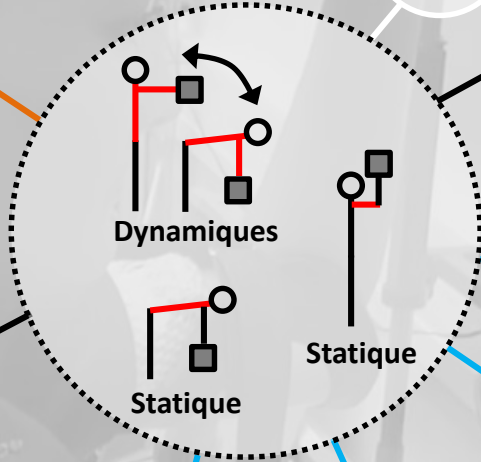


Objectif

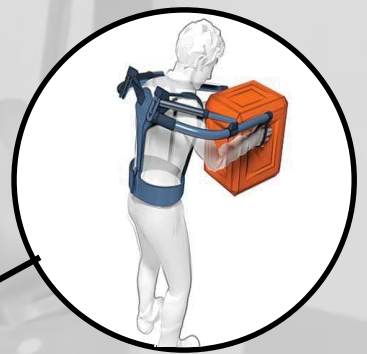
n = 29



Familiarisation



3 charges
2 à 14 kg



Perception effort
(Borg)

Equilibre
(PFF)

Postures
(IMU)

Sollicitations musculaires
(EMG)

Méthodologie

	Tâche statique	Tâche dynamique dans l'axe				Tâche dynamique en rotation			
Muscles assistés									
Muscles assistés par l'exosquelette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Autres effets									
Autres muscles 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Autres muscles 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Autres muscles 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Equilibre postural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

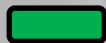
Bénéfice pour toutes les conditions expérimentales
(charges, muscles)

Bénéfice pour certaines conditions expérimentales

Contraintes pour certaines conditions expérimentales

Contraintes pour toutes les conditions expérimentales

Non significatif



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet

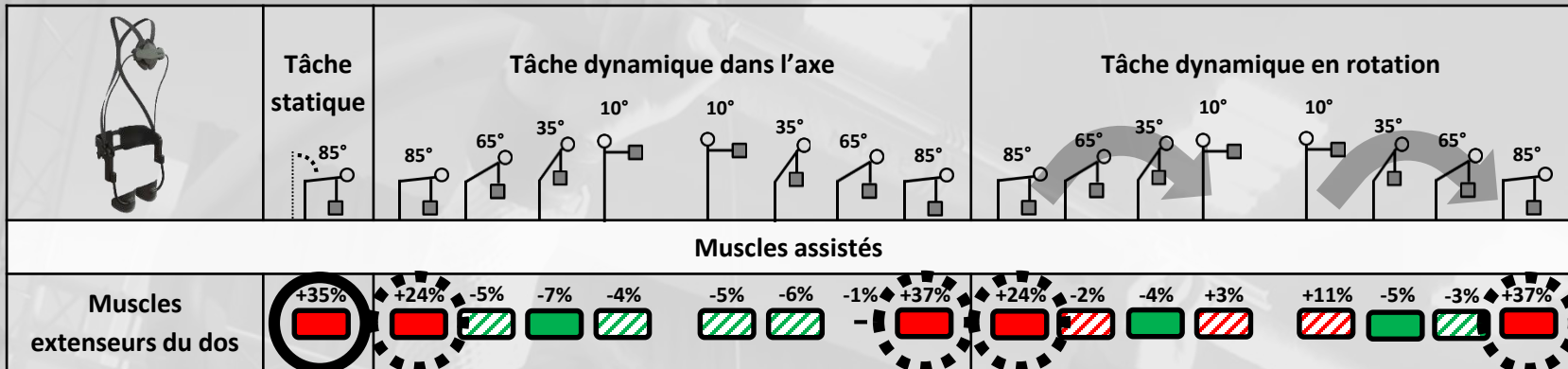


Contrainte modérée



Contrainte

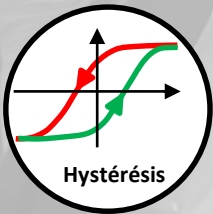
Résultats



Fortes inclinaisons
= + de sollicitations des lombaires

Autres inclinaisons
= - de sollicitations des lombaires

En rotation
= Efficacité réduite à une + petite plage angulaire



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet

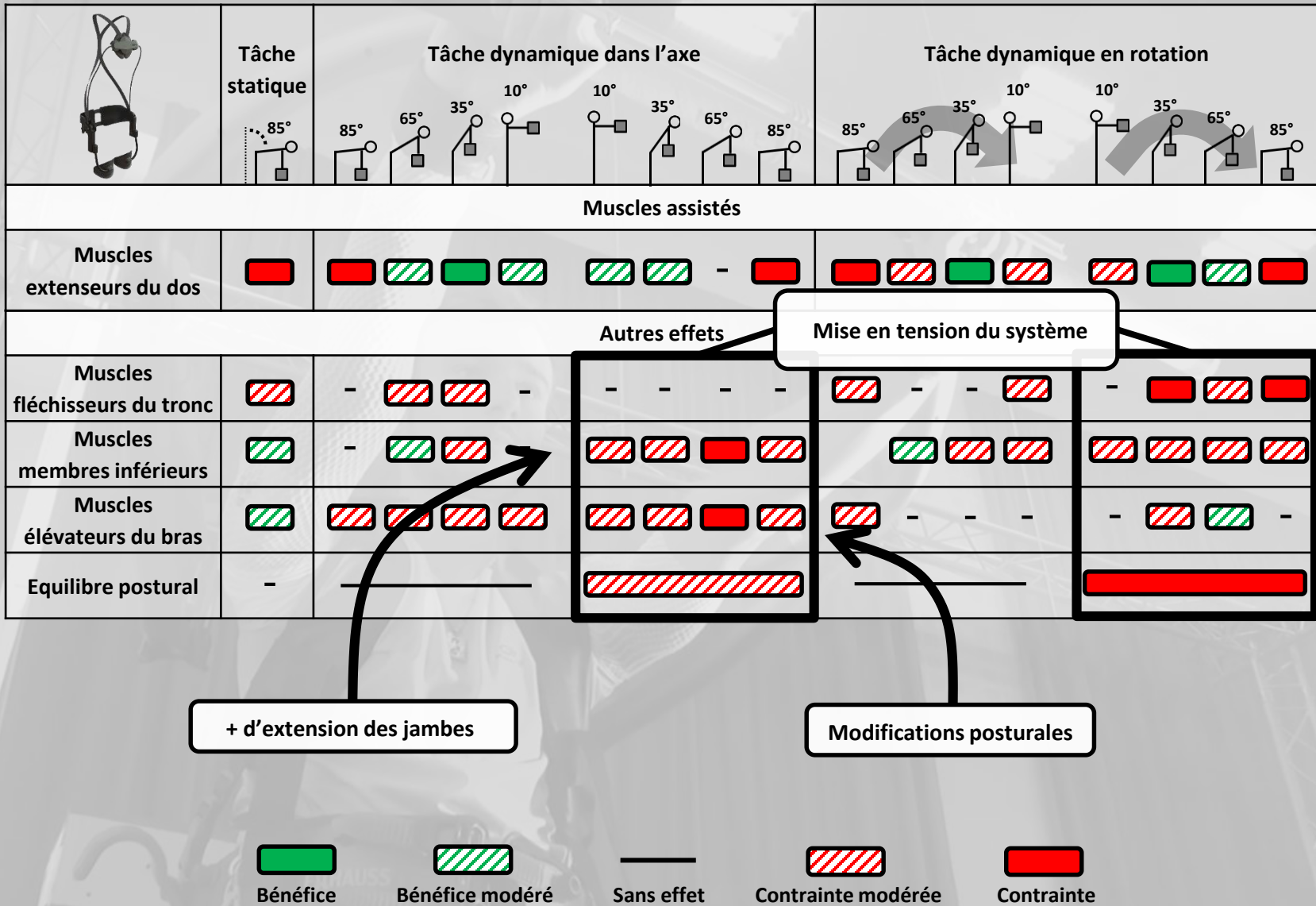


Contrainte modérée

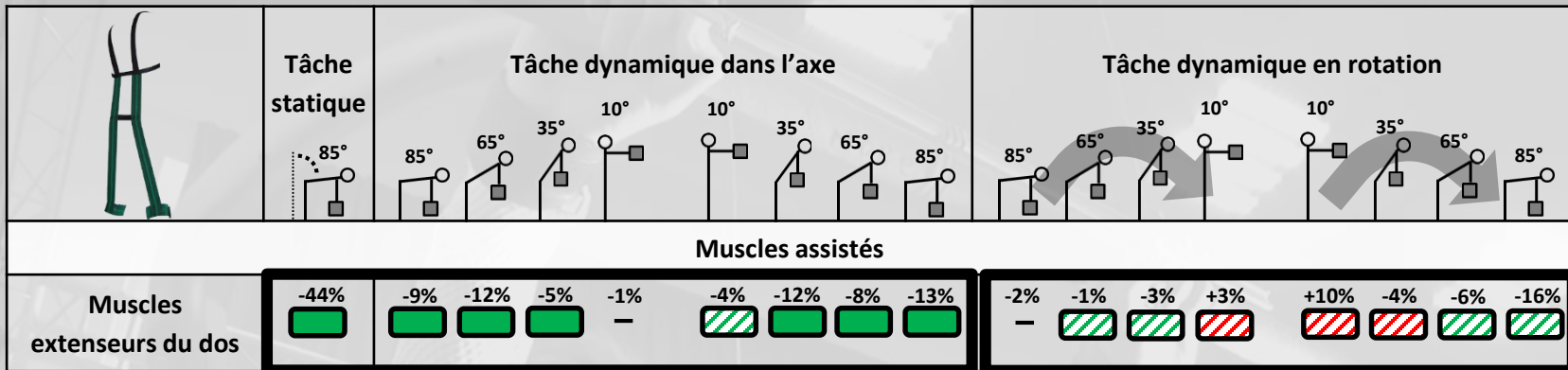


Contrainte

Résultats



Résultats



Effets bénéfiques sur une large plage angulaire

Effets réduits voir désavantageux



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet



Contrainte modérée



Contrainte

Résultats

	Tâche statique	Tâche dynamique dans l'axe								Tâche dynamique en rotation							
		85°	65°	35°	10°	10°	35°	65°	85°	85°	65°	35°	10°	10°	35°	65°	85°
Muscles assistés																	
Muscles extenseurs du dos					-					-							
Autres effets																	
Muscles fléchisseurs du tronc				-	-	-	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Muscles membres inférieurs																	
Muscles éleveurs du bras							-						-				
Equilibre postural	-	—————				—————											

+ d'extension des jambes



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet



Contrainte modérée



Contrainte

Résultats

	Tâche statique	Tâche dynamique dans l'axe				Tâche dynamique en rotation											
		85°	65°	35°	10°	10°	35°	65°	85°								
Muscles assistés																	
Muscles extenseurs du dos					-					-							
Autres effets																	
Muscles fléchisseurs du tronc				-	-	-	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Muscles membres inférieurs																	
Muscles éleveurs du bras						-											
Equilibre postural	-	—————				—————											

Appui sur le trapèze



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet



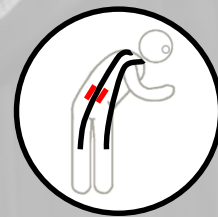
Contrainte modérée



Contrainte

Résultats

	Tâche statique	Tâche dynamique dans l'axe								Tâche dynamique en rotation							
		85°	65°	35°	10°	10°	35°	65°	85°	85°	65°	35°	10°	10°	35°	65°	85°
Muscles assistés																	
Muscles extenseurs du dos					-					-							
Autres effets																	
Muscles fléchisseurs du tronc				-	-	-	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Muscles membres inférieurs																	
Muscles éleveurs du bras							-										
Equilibre postural	-	—————				—————											



Pbm. de parallélisme des forces



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet

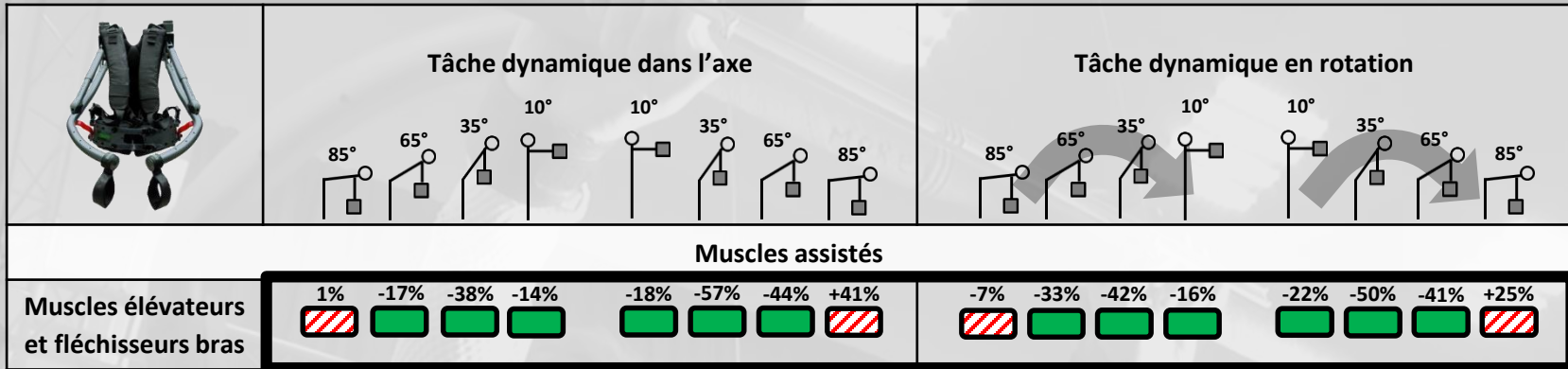


Contrainte modérée

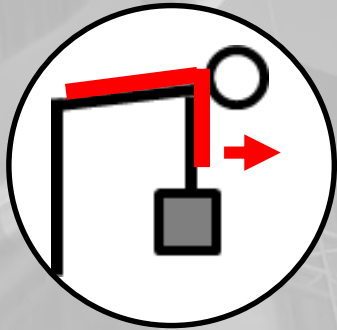


Contrainte

Résultats


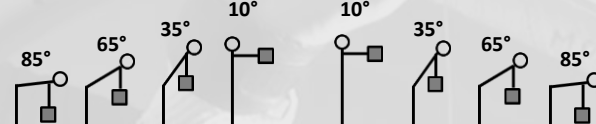
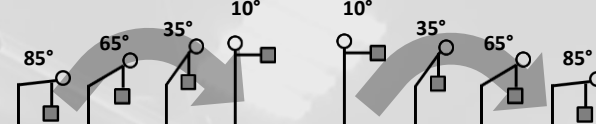




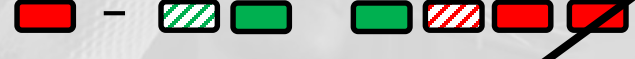


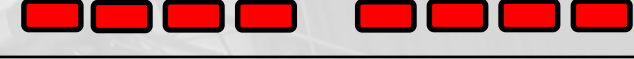




Effet bénéfique
Sauf pour de fortes inclinaisons



Bénéfice
 Bénéfice modéré
 Sans effet
 Contrainte modérée
 Contrainte

Résultats

	Tâche dynamique dans l'axe 	Tâche dynamique en rotation 
Muscles assistés		
Muscles éleveurs et fléchisseurs bras		
Autres effets		
Muscles abaisseurs du bras		
Muscles extenseurs du dos		
Muscles membres inférieurs		
Equilibre postural		

Mise en tension du système



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet


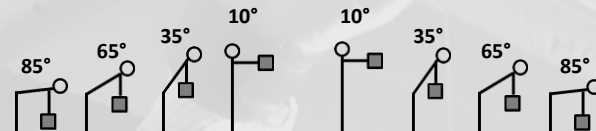
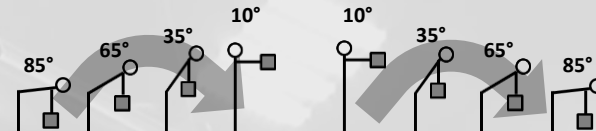




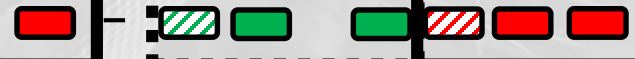







Contrainte modérée



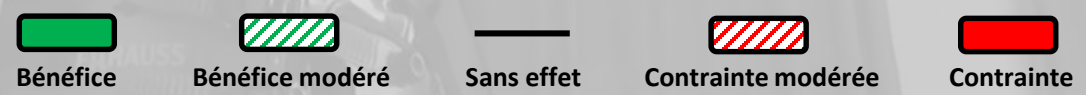
Contrainte

Résultats


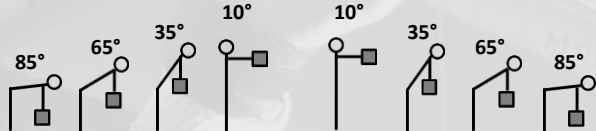






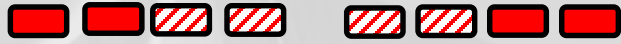




	Tâche dynamique dans l'axe 	Tâche dynamique en rotation 
Muscles assistés		
Muscles éleveurs et fléchisseurs bras		
Autres effets		
Muscles abaisseurs du bras		
Muscles extenseurs du dos		
Muscles membres inférieurs		
Equilibre postural		

Ceinture → appui hanche → meilleur transfert des forces

Sauf avec + inclinaison et/ou rotation



Résultats

	Tâche dynamique dans l'axe 	Tâche dynamique en rotation 
Muscles assistés		
Muscles éleveurs et fléchisseurs bras		
Autres effets		
Muscles abaisseurs du bras		
Muscles extenseurs du dos		
Muscles membres inférieurs		
Equilibre postural		

Transfert des forces

Poids



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet



Contrainte modérée

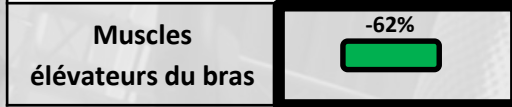


Contrainte

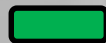
Résultats



Muscles assistés



Effet bénéfique



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet









Contrainte modérée



Contrainte

Résultats

	Tâche statique 
Muscles assistés	
Muscles éleveurs du bras	
Autres effets	
Muscles abaisseurs du bras	
Muscles extenseurs du dos	
Muscles membres inférieurs	—
Equilibre postural	

Stabilisation de l'articulation

Effet ceinture
Effet équilibre des masses

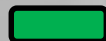
-65% Exhaus

-27% Skelex

Dépendant de la charge
et de l'exosquelette

Exhaus : + pour 2 et 5 kg

Skelex : + pour 2 kg



Bénéfice



Bénéfice modéré



Sans effet



Contrainte modérée



Contrainte

Résultats

Synthèse	Tâche statique	Tâche dynamique dans l'axe								Tâche dynamique en rotation							
		85°	65°	35°	10°	10°	35°	65°	85°	85°	65°	35°	10°	10°	35°	65°	85°
								-									
					-					-							

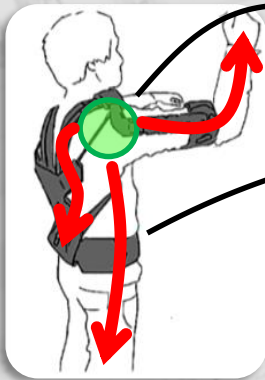


**Réduction des sollicitations
pour les muscles assistés**

Dépendant de la tâche de travail

Dépendant de l'exosquelette

Conclusion



Muscles assistés

Autres effets

Dépendant de la tâche de travail

Statique/dynamique, angle, complexité...



Dépendant de l'exosquelette

Poids, technologie, points de fixation...



A considérer lors d'une démarche
d'évaluation d'un exosquelette

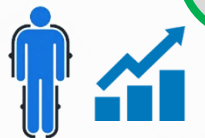
Evaluation des risques
Niveaux / avantages
Contre-indications...



Situation de travail dans
laquelle le besoin d'un
exosquelette est identifié



Performances des
exosquelettes



C onclusion



kevin.desbrosses@inrs.fr
mathilde.schwartz@inrs.fr



Merci pour votre attention

Notre métier, rendre le vôtre plus sûr

*Journée technique : Exosquelettes au travail
Paris, 26 novembre 2019*