

UQÀM



Groupe  CTT Group

# Réduire le stress thermophysiological associé au port de vêtements individuels de protection chez les pompiers



, *Denis Marchand*<sup>1</sup>, *Chantal Gauvin*<sup>2</sup>, *Alexis Brien-Breton*<sup>1</sup>

1. UQAM: Montreal, Quebec, Canada, [www.uqam.ca](http://www.uqam.ca)

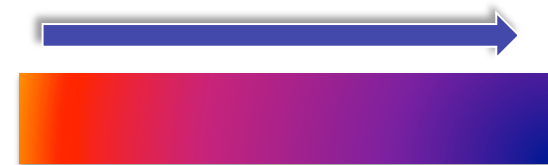
2. IRSST: Montreal, Quebec, Canada, [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

# Échanges thermiques



Interaction entre les mécanismes de thermorégulation  
(Mcardle, 2001)

- 4 mécanismes d'échanges thermiques:
  - Conduction
  - Convection
  - Rayonnement
  - Évaporation
- La chaleur se déplace toujours en suivant un gradient de température du chaud vers le froid



# Introduction

- Plus de 40% des causes de décès chez les pompiers sont attribuables à des accidents cardiovasculaire (NIOSH – Fahy et al., 2011)
- Le port d'un vêtement individuel de protection (VIP) entrave fortement l'efficacité de l'évaporation (membrane coupe-vapeur) et favorise l'apparition d'un microclimat
  - Accumulation rapide de chaleur
  - Transpiration inefficace
  - Déshydratation accrue
- Le stress thermique résulte de la combinaison des exigences physiques élevées et du VIP (von Heimburg et al., 2006; Faff et al., 1989; Smith et al., 1997)

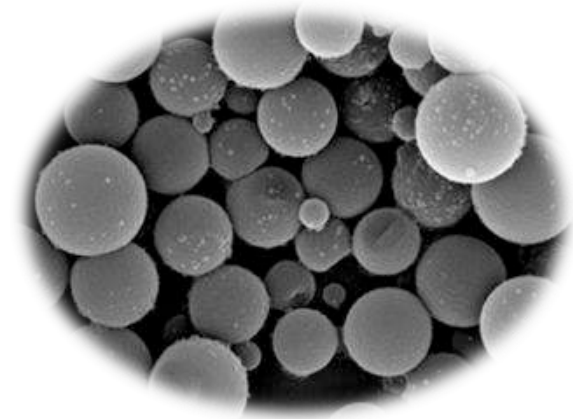


# Introduction

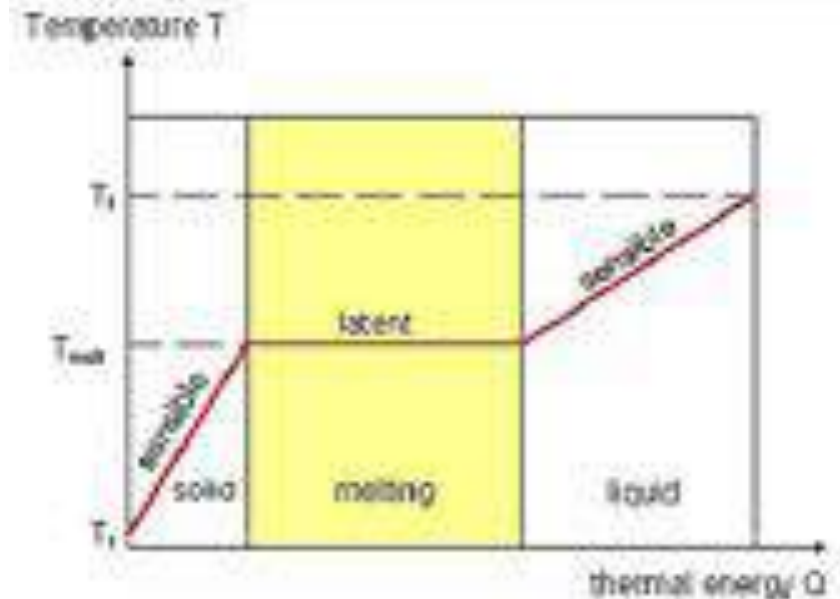
- Quelques études ont démontré une certaine efficacité des matériaux à changement de phase (MCP) afin de réduire la contrainte thermique  
(Chou. et coll., 2008; Gao et coll., 2010; Gao et coll., 2011)
- Une nouvelle formule de MCP a été développée et optimisée par le groupe CTT
- Un prototype de veste a été fabriqué pour contenir les sachets de MCP
- Un prototype de VIP à double-densité a aussi été développé par le CTT

# Introduction

- Le matériau à changement de phase représente un système d'absorption de chaleur
- Lorsque chauffé, le MCP absorbe une grande quantité d'énergie en passant de l'état solide à liquide
- Ce phénomène produit un refroidissement temporaire de la surface avec laquelle il est en contact



5



# Matériaux à changement de phase (MCP)

CONSTITUÉ DE SELS  
HYDRATÉS IGNIFUGES

Température de transition  
29 – 45°C

Capacité d'absorption d'énergie  
250 – 300 J/g





# Veste prototype

- Fabriquée de matériaux extensibles et conducteurs (fibres de bambou) pouvant être portée directement sur la peau
- Contenant 46 pochettes intégrées
- Pochettes sur les côtés



AGIR 10/11/2010



7

[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

# Objectif et hypothèses

## ■ Objectif:

- Évaluer les réponses physiologiques associées à l'utilisation de ces nouvelles technologies lors d'un travail en ambiance chaude

## ■ Hypothèse:

- Le port de la veste MCP devrait entraîner une diminution de:
  - la température cutanée
  - la température interne
  - la fréquence cardiaque
- Le port du nouveau VIP devrait entraîner une diminution du coût énergétique ( $VO_2$ )



# Méthodologie

- La méthodologie de cette étude a été développée en se basant sur la méthode d'essai normalisée F2300-10 de l'ASTM\*
- Les tests se sont déroulés dans une chambre climatique:
  - Température de 35°C ( $\pm 0.5^\circ\text{C}$ )
  - Humidité relative de 50% ( $\pm 5\%$ )
- Le travail s'est effectué à la marche sur un tapis roulant:
  - Vitesse constante de 5.5km/h
  - % d'inclinaison variable afin d'obtenir une charge externe équivalent à 250 watts



\*American society for testing and materials

# Conditions préalables aux tests

- Ne pas faire d'exercices soutenus 24h avant l'évaluation
- Ne pas prendre de repas 2h avant l'évaluation
- Ne pas consommer de drogues ou de stimulants 12h avant l'évaluation
- Boire 1000 ml d'eau 2 heures avant le test et 500 ml 30 minutes avant le test

# Procédure de test

- Les sujets avaient pour consigne de marcher sur le tapis jusqu'à l'atteinte d'un des critères d'arrêt suivants:
  - Arrêt volontaire du sujet ou de l'expérimentateur
  - Signes de troubles liés à la chaleur
  - Fréquence cardiaque  $> 85\%$  de la valeur maximale prédite
  - Température centrale  $> 39.0^{\circ}\text{C}$
  - Température cutanée  $> 38.0^{\circ}\text{C}$
  - Temps total du test  $\leq 45$  minutes

# Variables dépendantes

Variable dépendante	Unité de mesure	Échantillon	Appareil de mesure
Consommation d'oxygène (VO <sub>2</sub> )	ml/kg	15 sec.	Moxus
Fréquence cardiaque	Bpm	15 sec.	Polar (modèle RS800)
Température centrale	°C	15 sec.	Core temperature pill (Equivital)
Température cutanée	°C	15 sec.	SmartReader plus 8 (Biopac sys.)
Perte hydrique	g/min	pré/post	Balance de précision
Variable dépendante	Unité de mesure	Échantillon	Appareil de mesure
Température interne VIP	°C	15 sec.	Omega
Humidité relative	% HR	15 sec.	Omega

# Méthode

- Quatre conditions expérimentales:

VIP  
standard



Standard/Tshirt



Standard/MCP



VIP  
Double densité



DD/Tshirt



DD/MCP



# Huit sujets ont participé aux tests

Âge	Taille (cm)	Poids (kg)	% graisse	VO <sub>2</sub> max* (ml/kg/min)
23 ± 2.5	177.8 ± 4.7	81.7 ± 8.1	10.6 ± 3.1	56.3 ± 7.8

Mesure de la consommation d'oxygène



Mesure de la fréquence cardiaque



Échelle de Borg à la vue du sujet

Harnais de sécurité prévenant les chutes

Bouton d'arrêt d'urgence

14

[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)



# Analyse sur base de temps uniforme

- Test de durée minimale effectué, tous sujets et conditions confondus = 45 minutes
- Cette durée a été retenue pour l'analyse sur base de temps uniforme
- Les différentes variables ont été analysées à trois intervalles de temps différents afin d'observer leur progression soit:
  - 15 minutes
  - 30 minutes
  - 45 minutes
- Anova à mesures répétées et Tests de comparaisons multiples (Bonferroni) avec des intervalles de confiance (95%)

# Résultats

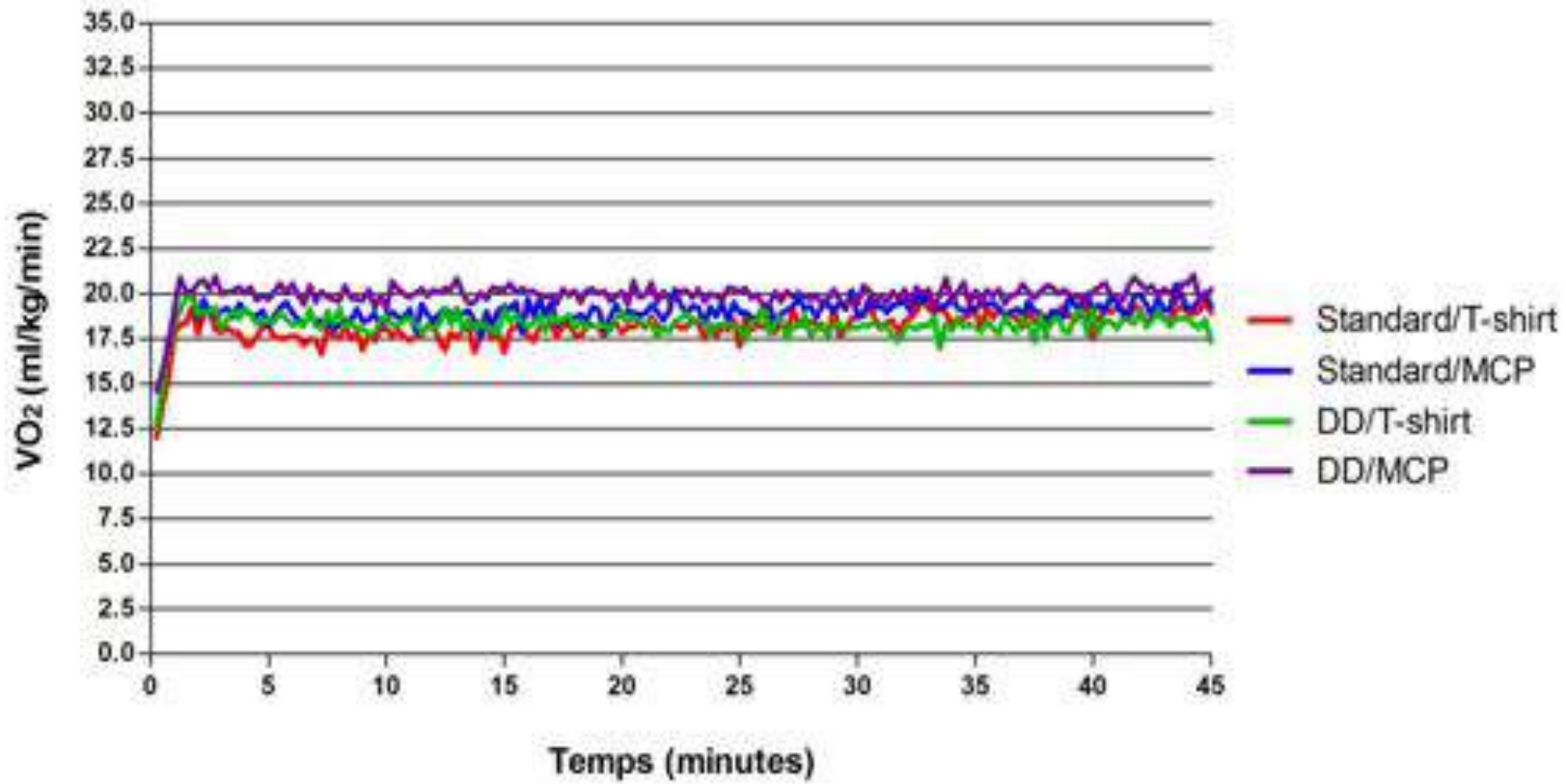


Figure 4.8 Représentation de la variation de la consommation d'oxygène moyennée des sujets au niveau

# Résultats

$$CCR = \frac{(FC_{travail} - FC_{repos})}{(FC_{max} - FC_{repos})}$$

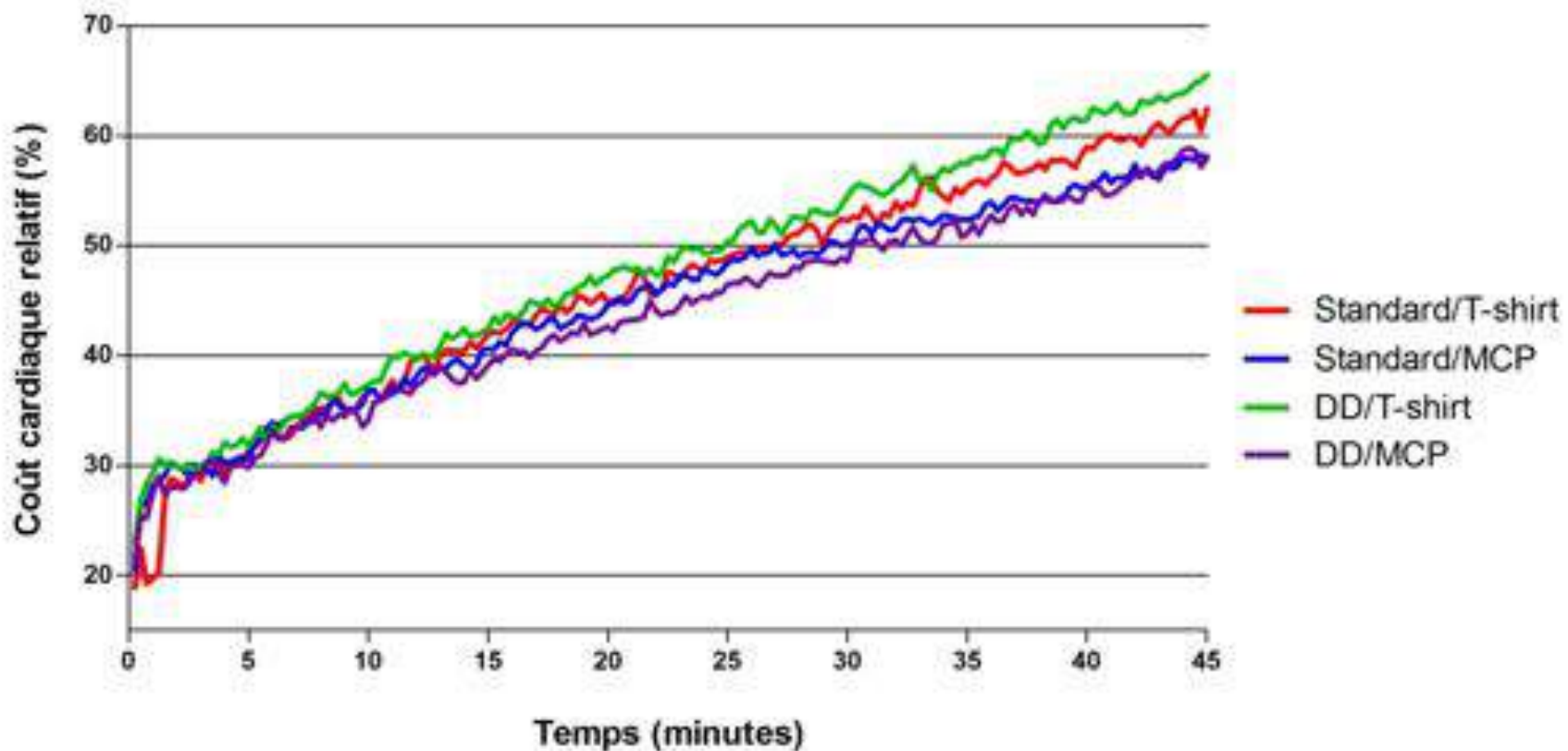


Figure 4.9 Représentation de la variation du cout cardiaque relatif moyenné des sujets pour les quatre conditions évaluées

# Résultats

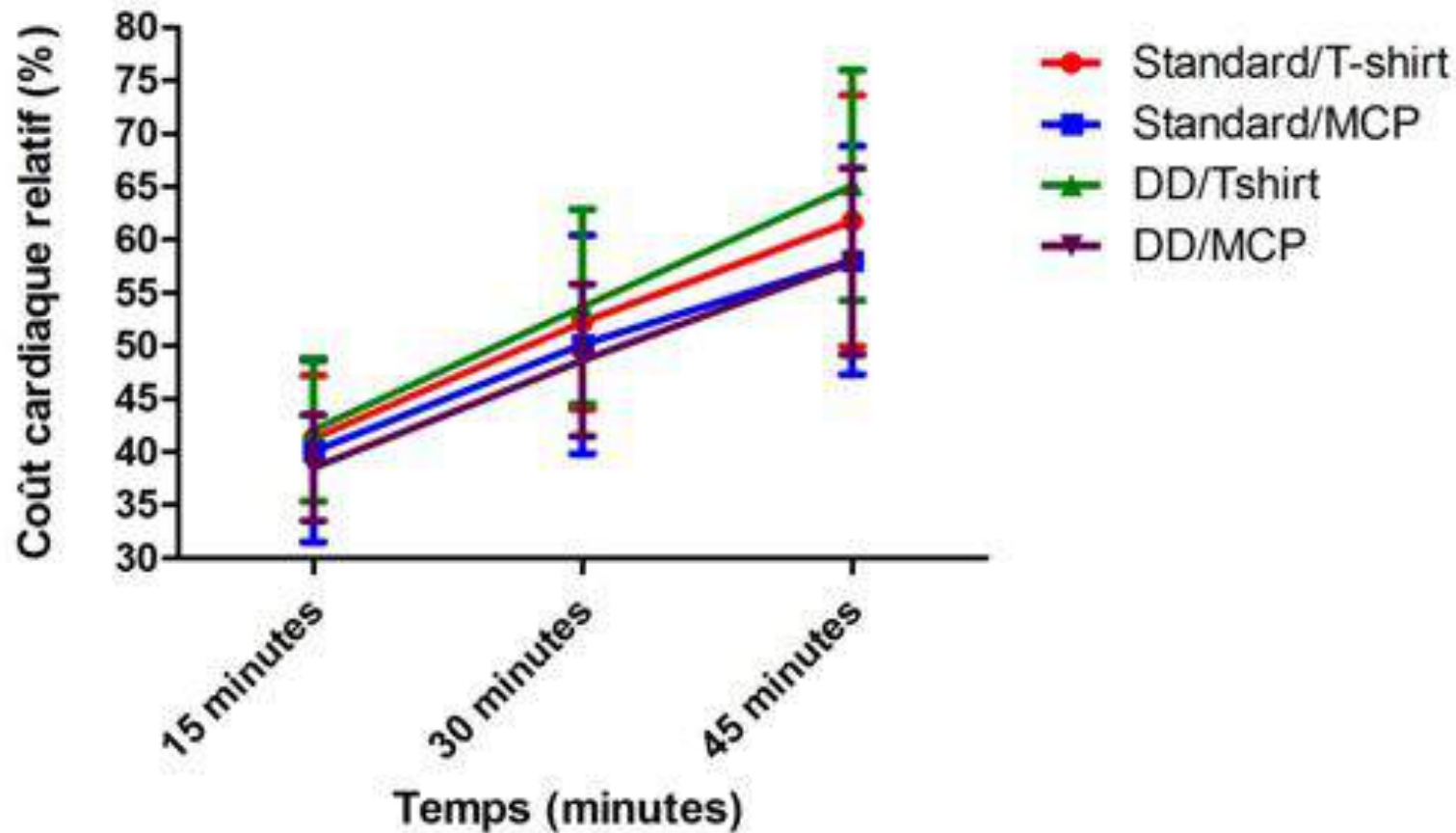


Figure 4.10 Moyennes de la variation du cout cardiaque relatif selon la condition évaluée et l'intervalle de temps

# Résultats du volet 2

Tableau 5 Résultats des analyses statistiques de comparaison par paires pour les valeurs de coût cardiaque relatif selon le facteur condition (\*p<0.05)

	Standard/T-shirt	Standard/MCP	DD/T-shirt	DD/MCP
Standard/T-shirt				
Standard/MCP	0.146			
DD/T-shirt	0.369	0.109		
DD/MCP	<b>0.032*</b>	0.525	<b>0.026*</b>	

# Résultats

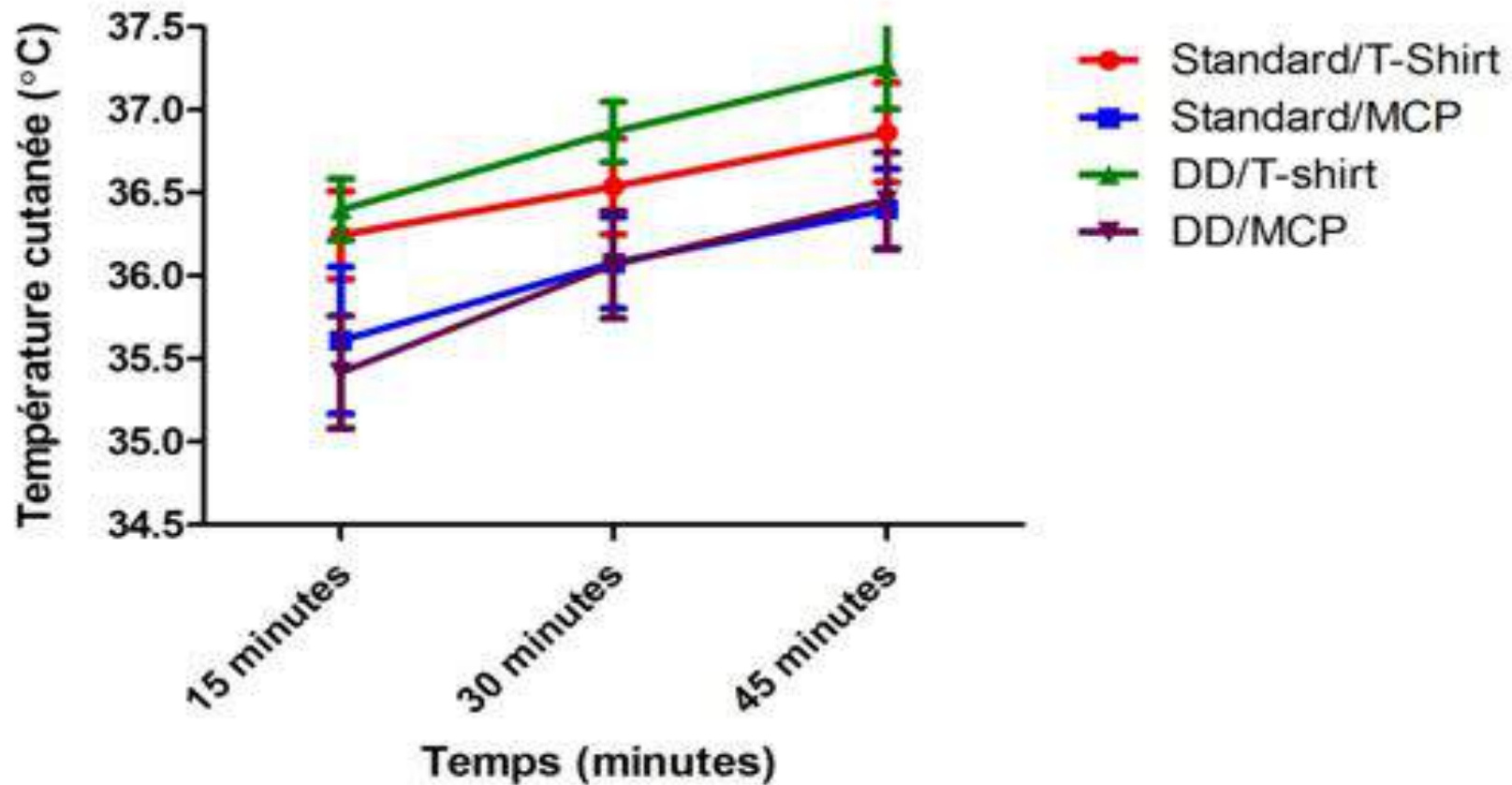


Figure 4.11 Moyennes de la variation de la température cutanée selon la condition évaluée et l'intervalle de temps



# Résultats

**Tableau 4.7 Résultats des analyses statistiques de comparaison par paires pour les valeurs de la température cutané selon le facteur condition (\*p<0.05)**

	Standard/T-shirt	Standard/MCP	DD/T-shirt	DD/MCP
Standard/T-shirt				
Standard/MCP	0.005*			
DD/T-shirt	0.041*	0.000*		
DD/MCP	0.002*	0.744	0.000*	

# Résultats

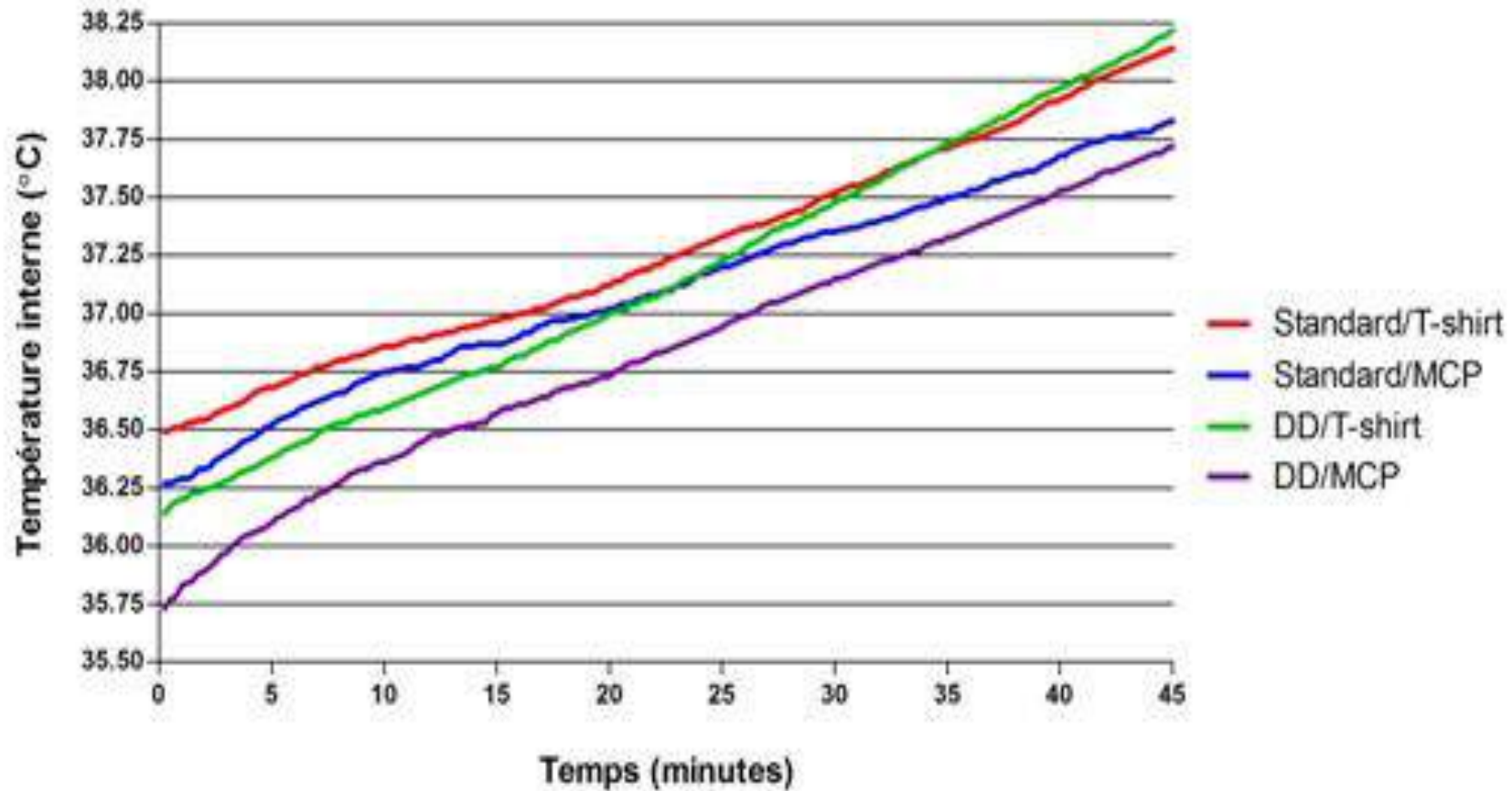


Figure 4.12 Représentation de la variation de la température interne moyennée des sujets pour les quatre conditions évaluées

# Résultats

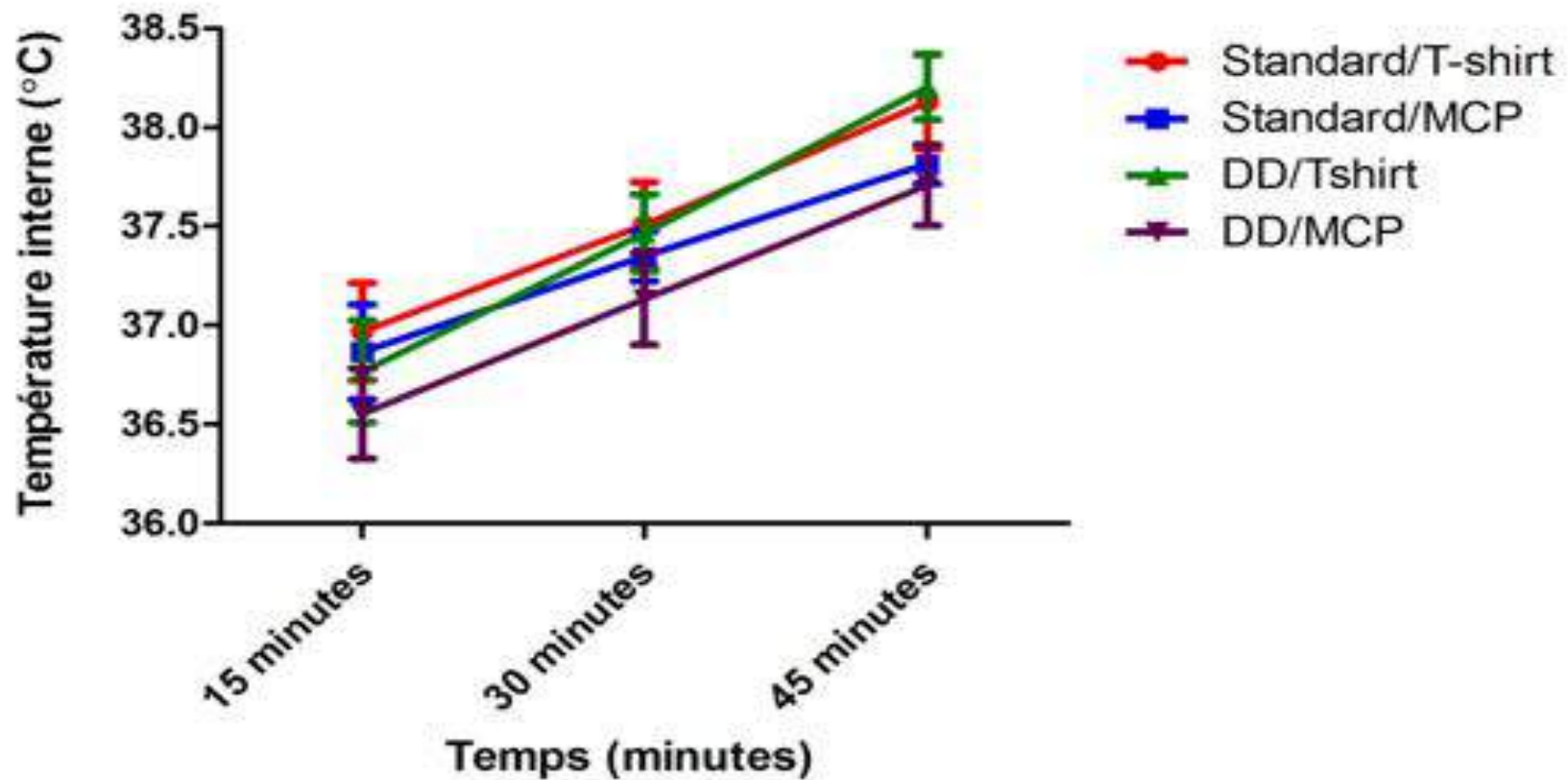


Figure 4.13 Moyennes de la variation de la température interne selon la condition évaluée et l'intervalle de temps

# Résultats

**Tableau 4.8 Résultats des analyses statistiques de comparaison par paires pour les valeurs de la température interne selon le facteur condition (\*p<0.05)**

	Standard/T-shirt	Standard/MCP	DD/T-shirt	DD/MCP
Standard/T-shirt				
Standard/MCP	0.126			
DD/T-shirt	0.701	0.104		
DD/MCP	<b>0.003*</b>	0.055	<b>0.026*</b>	

# Résultats

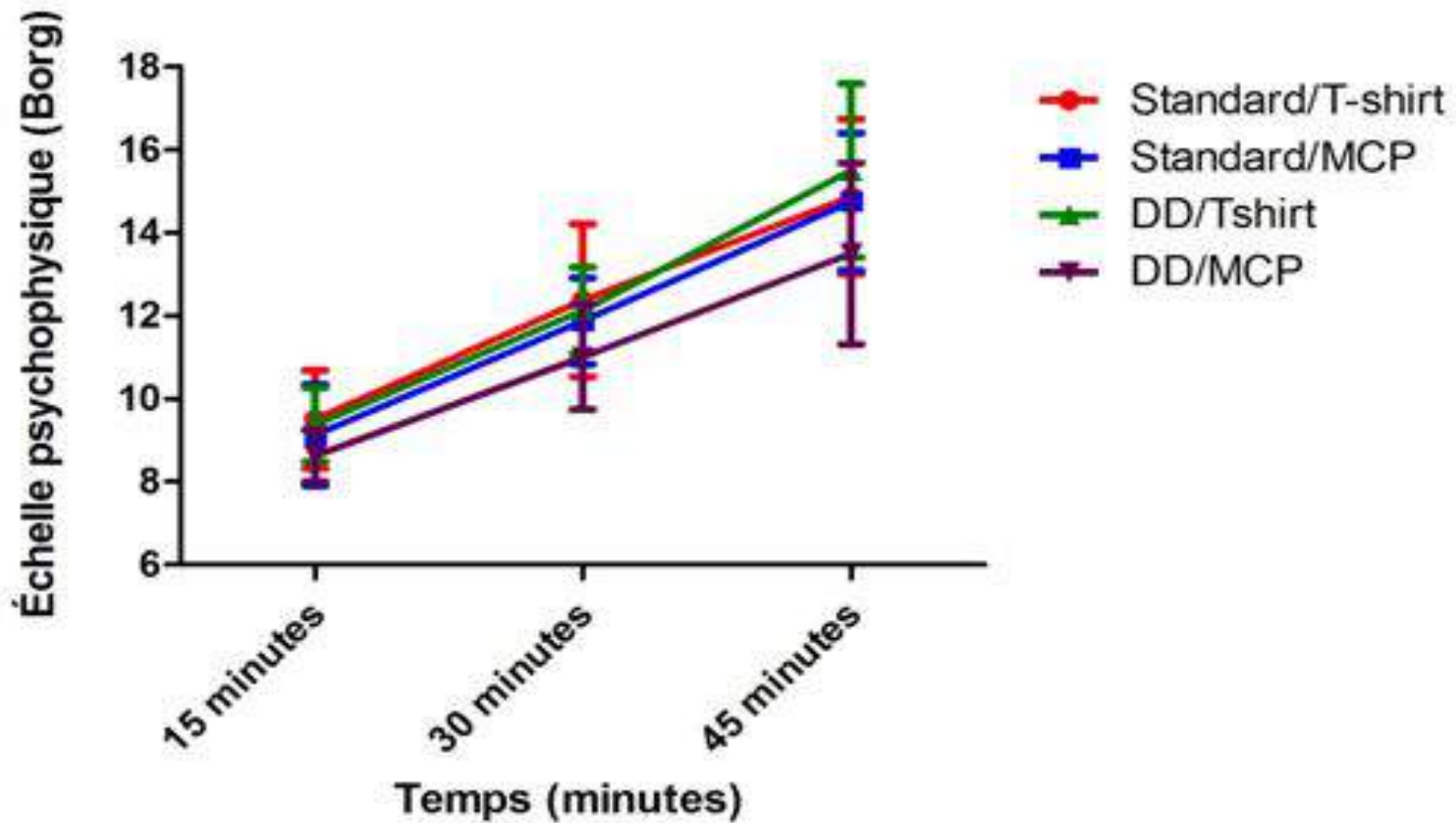


Figure 4.15 Moyennes des cotes psychophysiques mesurées selon la condition et l'intervalle de temps

# Résultats

**Tableau 4.9 Résultats des analyses statistiques de comparaison par paires pour les valeurs de la perception psychophysique selon le facteur condition (\*p<0.05)**

	Standard/T-shirt	Standard/MCP	DD/T-shirt	DD/MCP
Standard/T-shirt				
Standard/MCP	0.539			
DD/T-shirt	0.882	0.028*		
DD/MCP	0.037*	0.036*	0.009*	



# Résultats

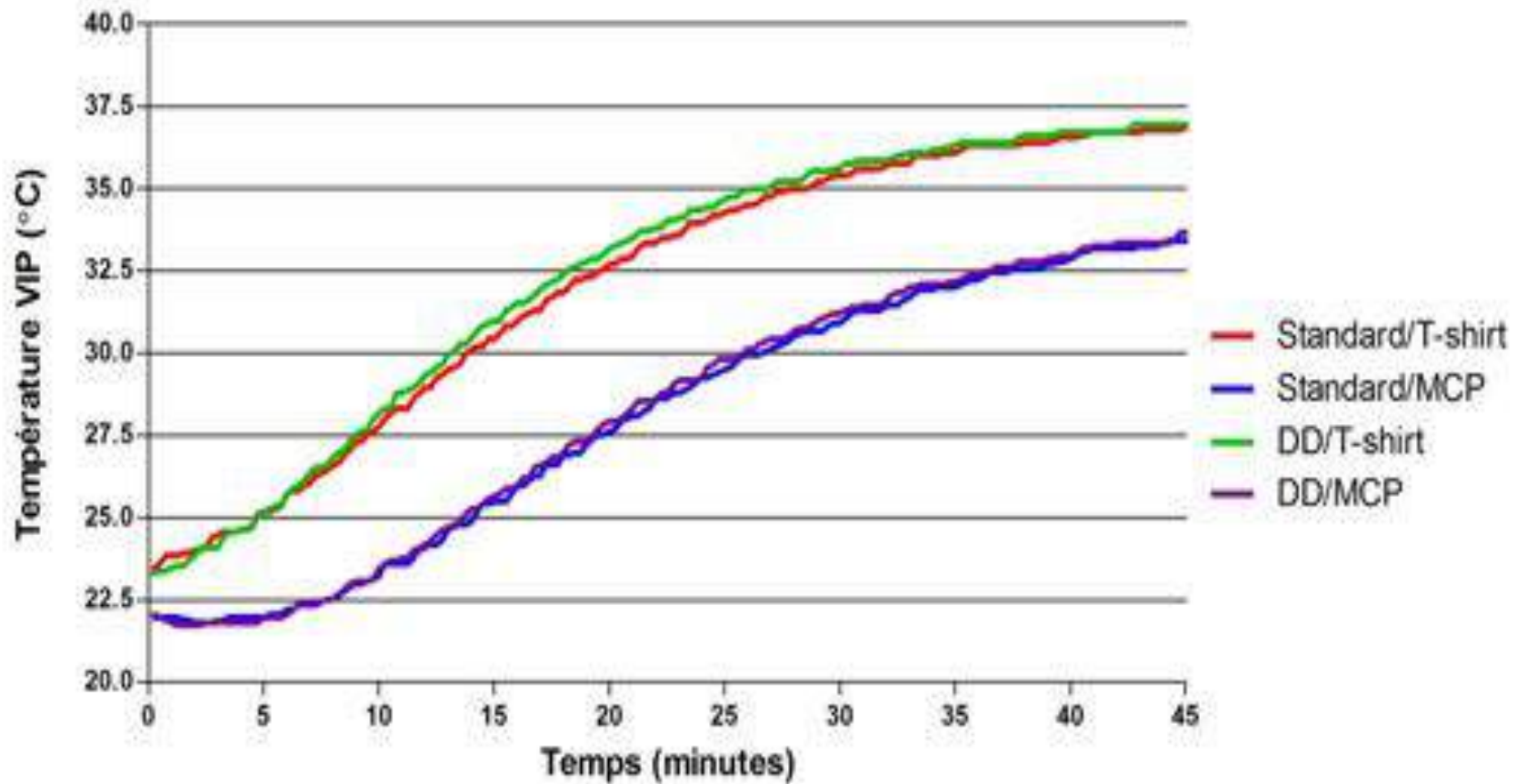


Figure 4.16 Représentation de la variation de la température interne mesurée à l'intérieur du VIP pour les quatre conditions évaluées

# Résultats du volet 2

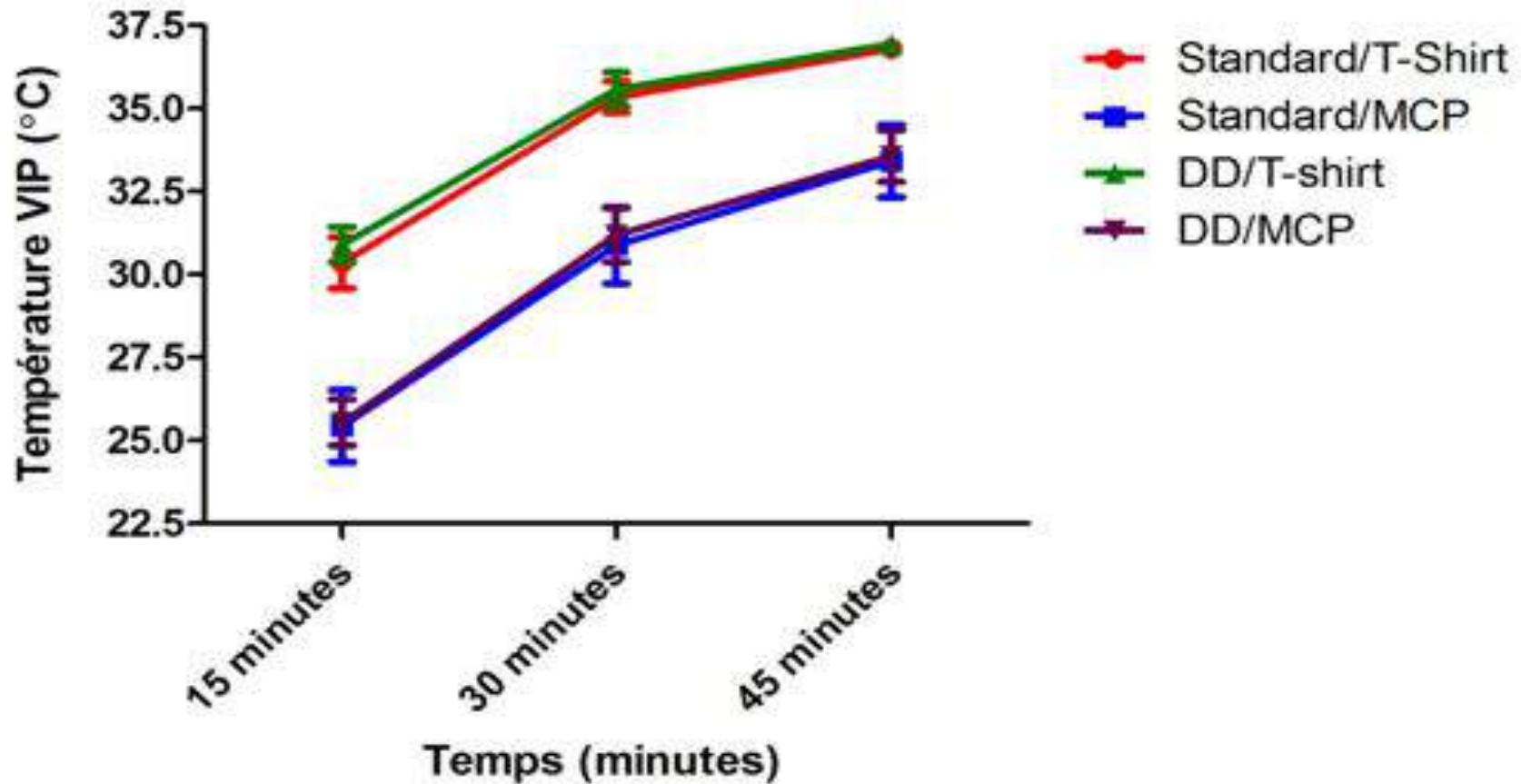


Figure 4.17 Moyennes de la température mesurée à l'intérieur du VIP selon la condition et l'intervalle de temps

# Résultats

Tableau 4.10 Résultats des analyses statistiques de comparaison par paires pour les valeurs de la température mesurée à l'intérieur du VIP selon le facteur condition (\*p<0.05)

	Standard/T-shirt	Standard/MCP	DD/T-shirt	DD/MCP
Standard/T-shirt				
Standard/MCP	0.000*			
DD/T-shirt	0.209	0.000*		
DD/MCP	0.000*	0.699	0.000*	

# Résultats

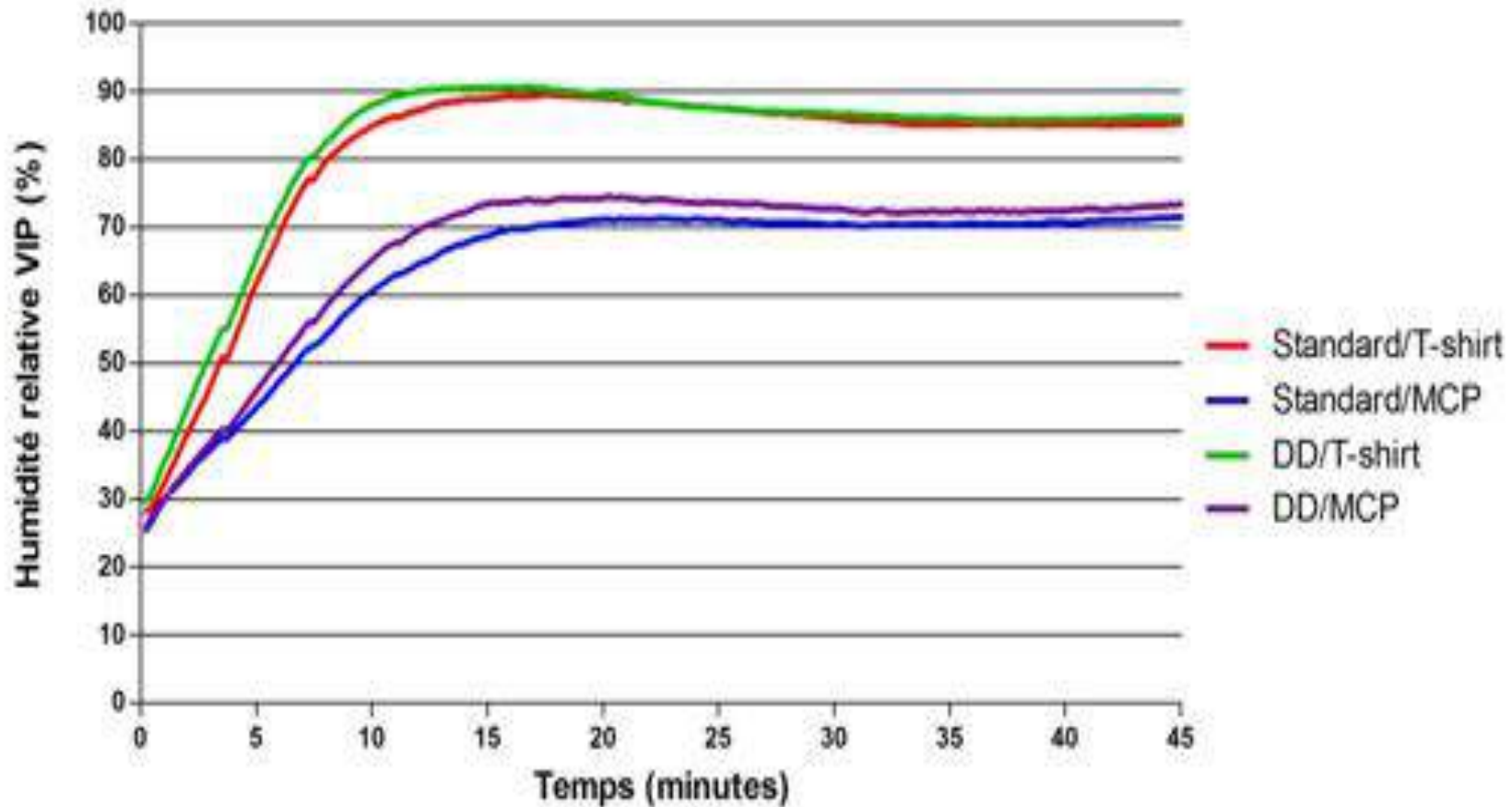


Figure 4.18 Représentation de la variation de l'humidité relative mesurée à l'intérieur du VIP pour les quatre conditions évaluées

# Résultats

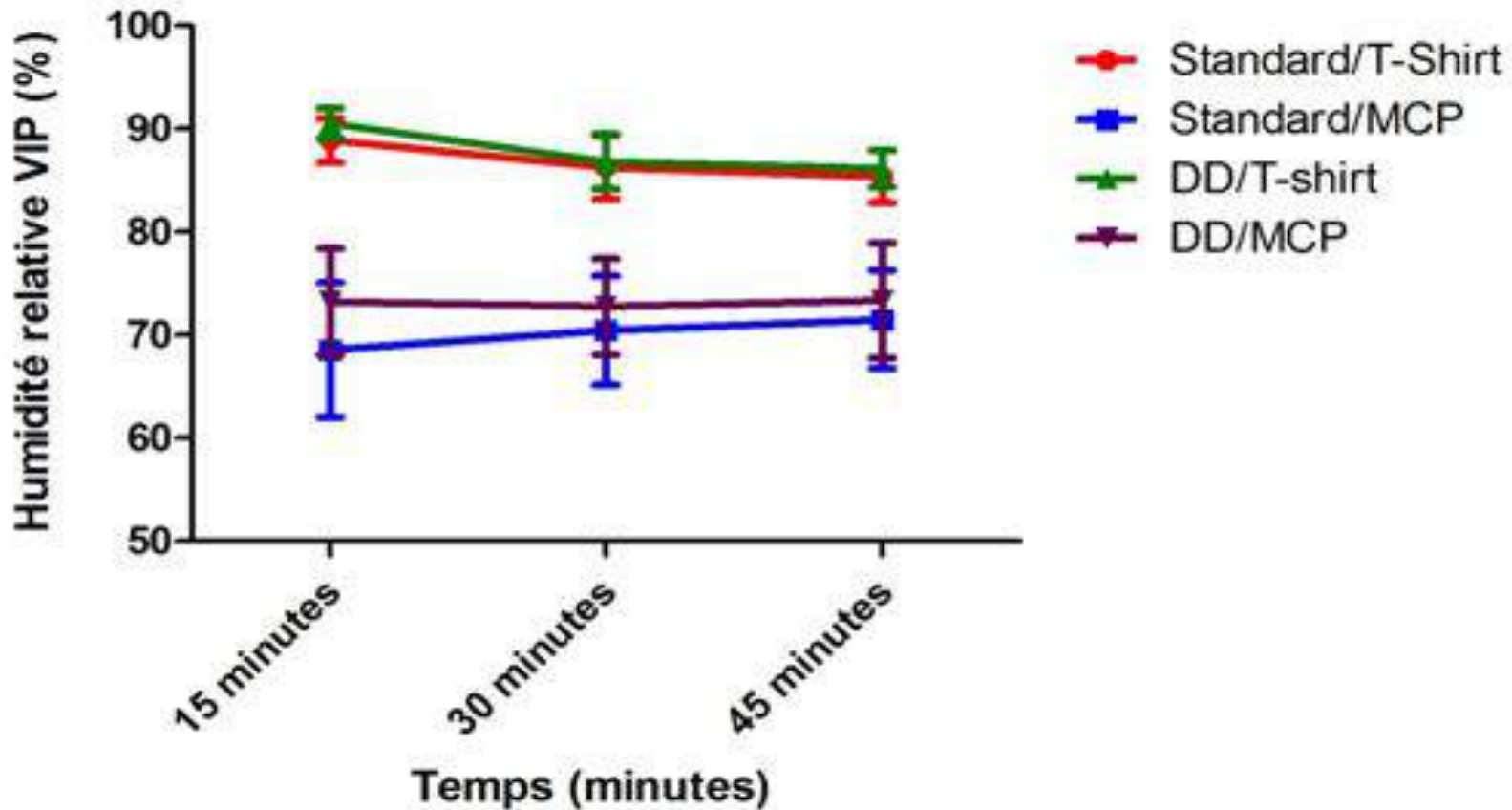


Figure 4.19 Moyennes de l'humidité relative mesurée à l'intérieur du VIP selon la condition évaluée et l'intervalle de temps

# Résultats

Tableau 4.11 Résultats des analyses statistiques de comparaison par paires pour les valeurs de l'humidité relative mesurée à l'intérieur du VIP selon le facteur condition (\*p<0.05)

	Standard/T-shirt	Standard/MCP	DD/T-shirt	DD/MCP
Standard/T-shirt				
Standard/MCP	0.000*			
DD/T-shirt	0.236	0.000*		
DD/MCP	0.001*	0.474	0.000*	

# Synthèse

- Les quatre conditions ne présentent pas de différences significatives pour la consommation d'oxygène
  - Le VIP à double densité ne réduit pas la contrainte mécanique aux articulations (ou aux muscles)
  - Tissus ou design du VIP ?
- Les deux conditions Double-Densité laissent voir des différences importantes du coût cardiaque relatif
  - La condition DD-MCP présente les valeurs les plus basses
  - La condition DD-Tshirt présente les valeurs les plus élevées
  - Le VIP DD donne un effet d'isolation supérieur?
  - L'isolation améliore l'effet de MCP



# Synthèse (suite)

- Les deux conditions MCP laissent voir des valeurs moins élevées pour la température cutanée
  - La condition DD-Tshirt présente les valeurs les plus élevées
- La condition DD-MCP laisse voir une baisse de la température interne du corps par rapport aux autres conditions
- La condition DD-MCP réduit la perception psychophysique de l'effort
- Les deux conditions MCP réduisent la perte hydrique

# Synthèse (suite)

- Les deux conditions MCP abaissent de 5 degrés celcius la température à l'intérieur du VIP  
Pas d'effet du VIP sur cette variable
- Les deux conditions MCP abaissent les pourcentages d'humidité relative à l'intérieur du VIP (17 %)  
Le VIP standard absorbe mieux durant les premières minutes

# Merci de votre attention!



36

[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)