

TRAVAIL A LA CHALEUR

Evolutions de la norme ISO 7933

J. OJALVO

25 mai 2007 – Formation AMTSN – PARIS

1

Introduction

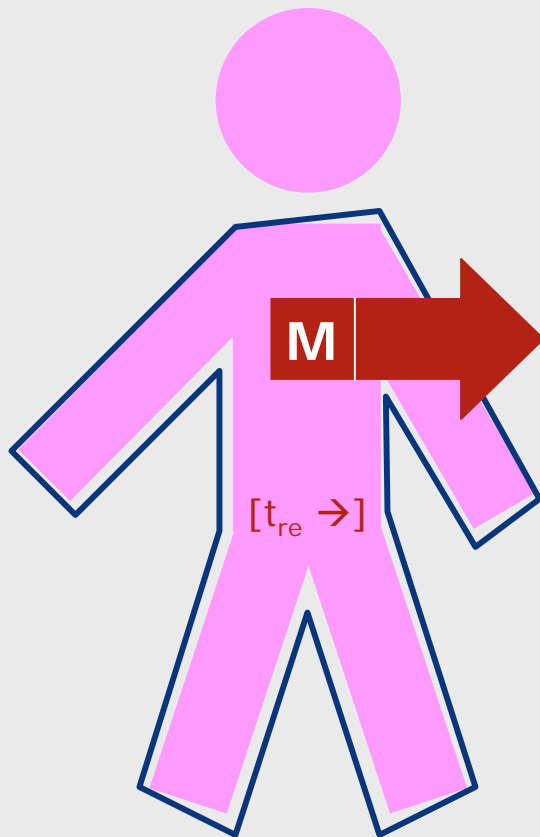
1.1 Définition

Ambiance thermique chaude (ISO 7933:1989)

*Ambiance susceptible d'entraîner
des accroissements de la température centrale du corps
ou des pertes hydriques importantes
chez un sujet standard*

1.2 Problématique

Ambiance thermique modérée → bilan thermique équilibré

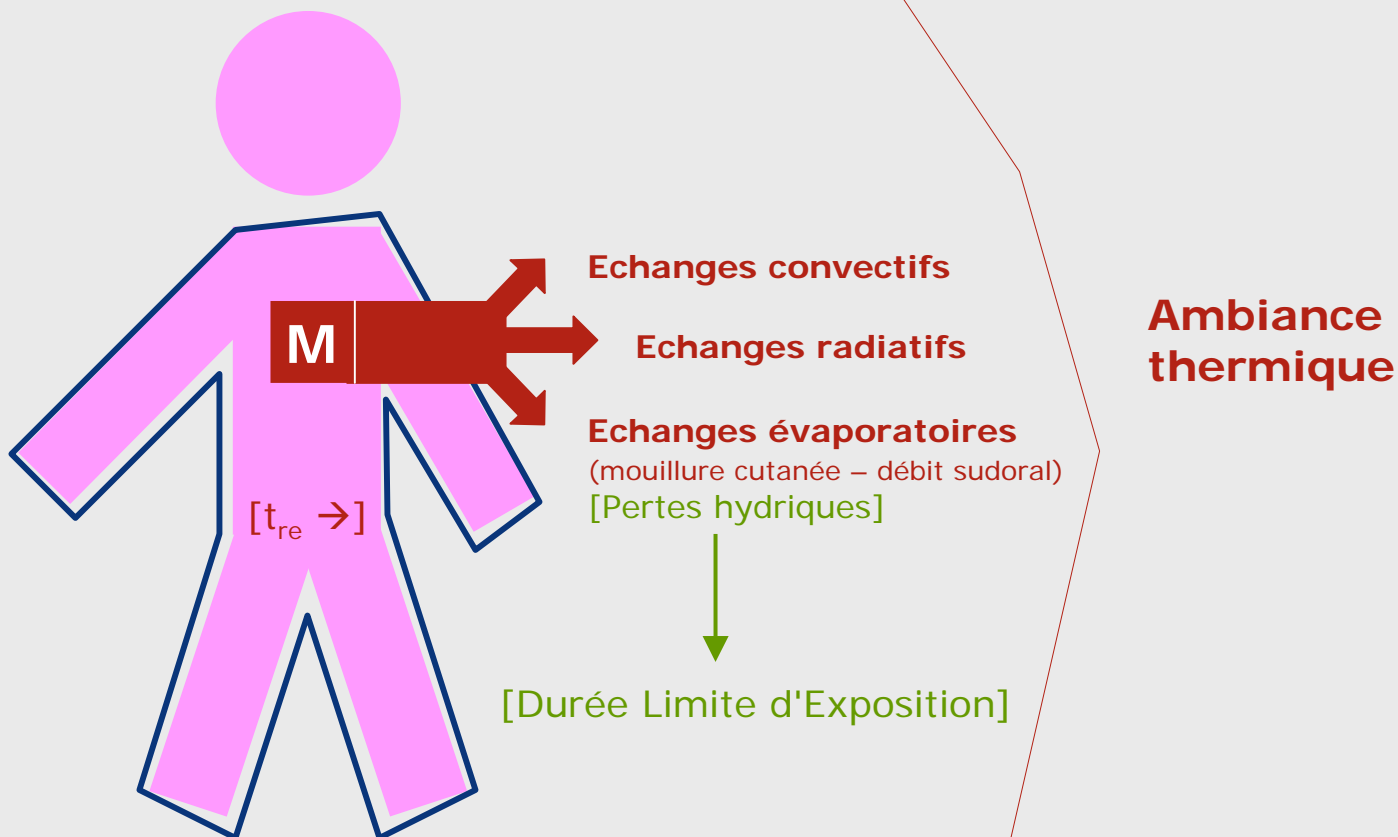


Echanges
de chaleur

Ambiance
thermique

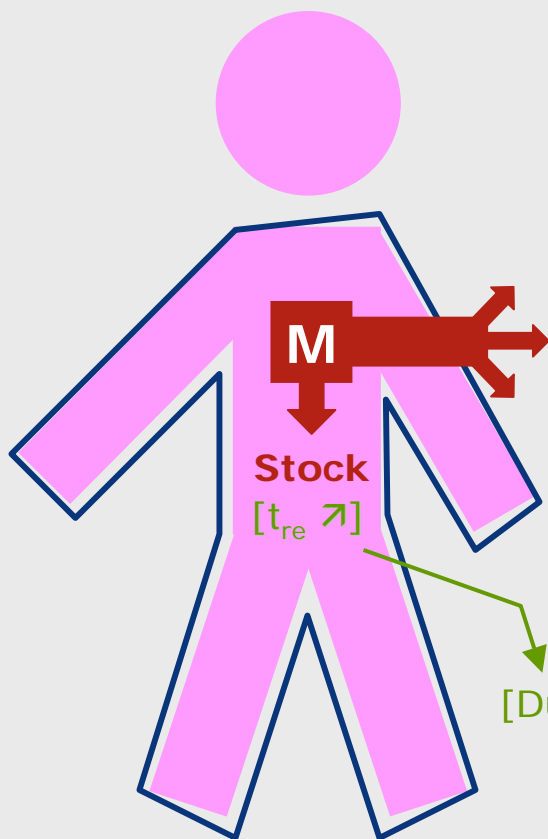
1.2 Problématique

Ambiance thermique modérée → bilan thermique équilibré



1.2 Problématique

Ambiance thermique chaude → bilan thermique non équilibré



Echanges convectifs

Echanges radiatifs

Echanges évaporatoires

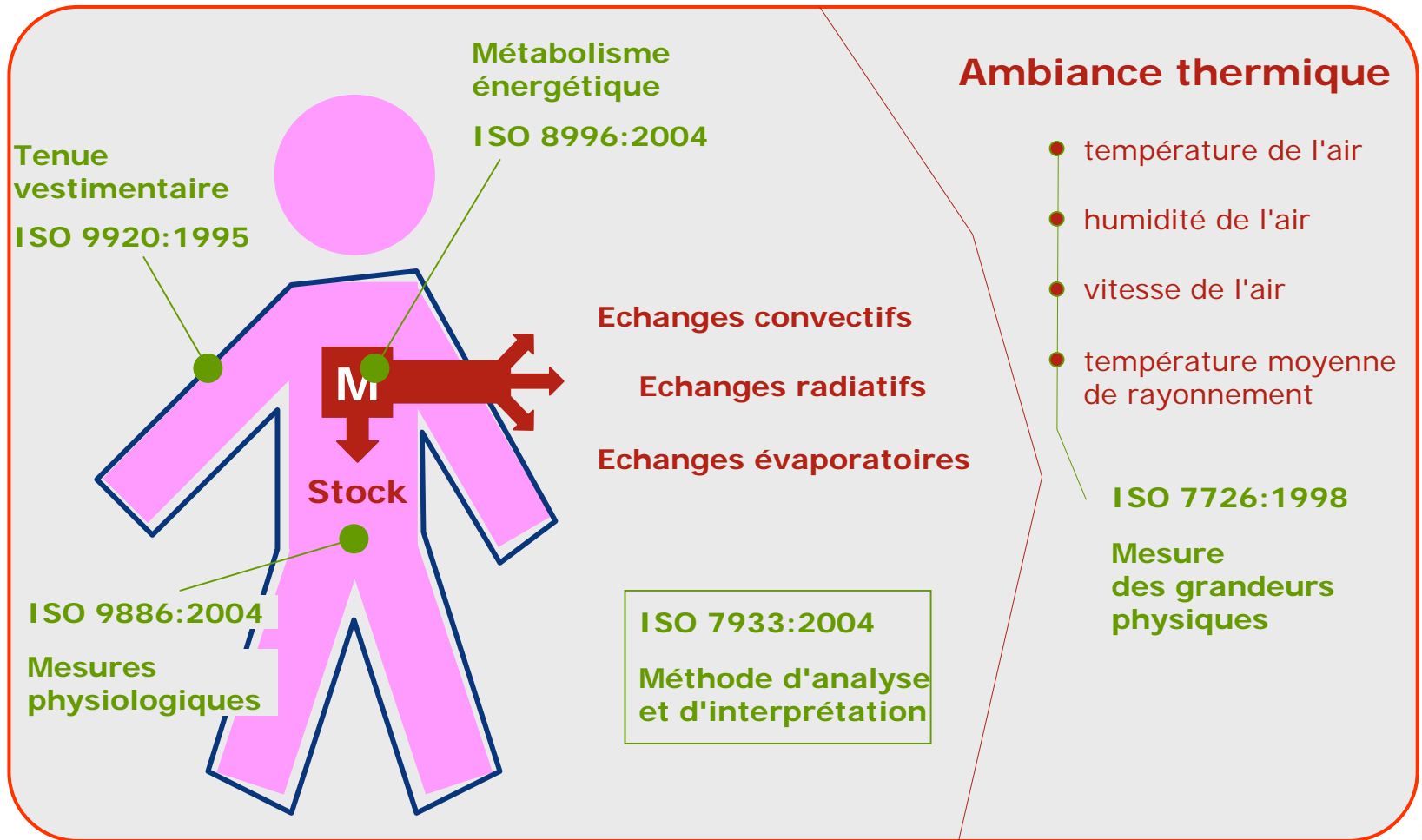
(mouillure cutanée – débit sudoral)

[Pertes hydriques]

[Durée Limite d'Exposition]

Ambiance
thermique

1.3 Normes ISO



2

Méthodes d'investigation

2.1 Diagnostic simplifié

Approche diagnostique rapide
de la contrainte thermique
en ambiance thermique chaude

WBGT

(wet bulb globe temperature)

ISO 7243:1989

Valeurs repères de détection
d'une situation de travail à la chaleur

($t_{re} < 38^{\circ}\text{C}$)

Intérieur des bâtiments & extérieur sans charge solaire

$$\text{WBGT} = 0,7 * t_{nw} + 0,3 * t_g$$

Extérieur des bâtiments avec charge solaire

$$\text{WBGT} = 0,7 * t_{nw} + 0,2 * t_g + 0,1 * t_a$$

t_a : température de l'air

t_g : température de globe noir

t_{nw} : température humide naturelle

Classe de métabolisme	Personne acclimatée à la chaleur		Personne non acclimatée à la chaleur	
	Aucun mouvement de l'air perceptible	Mouvement de l'air perceptible	Aucun mouvement de l'air perceptible	Mouvement de l'air perceptible
Repos (0)	33°C		32°C	
Faible (1)	30°C		29°C	
Modéré (2)	28°C		26°C	
Elevé (3)	25°C	26°C	22°C	23°C
Très élevé (4)	23°C	25°C	18°C	20°C

2.2 Méthodes d'analyse et d'interprétation

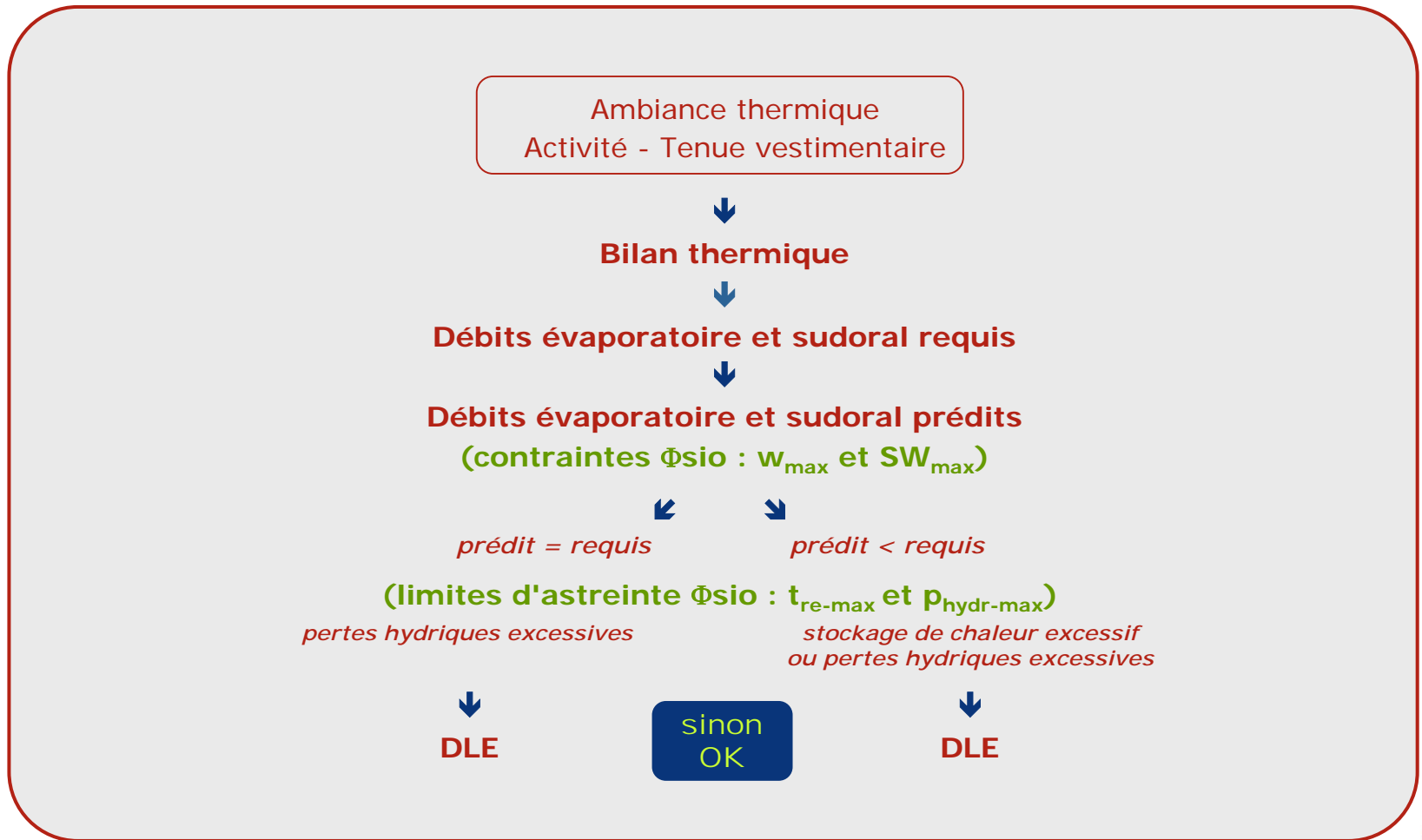
SUDATION REQUISE (ISO 7933:1989)

Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de la **sudation requise**

ASTREINTE THERMIQUE PREVISIBLE (PHS) (ISO 7933:2004)

Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'**astreinte thermique prévisible**
(PHS : Predicted Heat Strain)
(BIOMED "HEAT STRESS")

2.3 Principe général



3

ISO 7933:2004

vs ISO 7933:1989

3.1 Comparaison des modèles

SUDATION REQUISE (ISO 7933:1989)

Dynamique de la situation de travail

> *négligée, calcul en régime stationnaire*

Dynamique des phénomènes thermo-physiologiques

> *négligée, calcul en régime stationnaire*

Impact de la tenue vestimentaire

> *effets des mouvements d'air et pompage négligés*

> *tenues spéciales mal traités
(transfert de vapeur, rayonnement)*

ASTREINTE THERMIQUE PREVISIBLE (PHS) (ISO 7933:2004)

Dynamique de la situation de travail

> *calcul dynamique au pas de temps de la minute*

Dynamique des phénomènes thermo-physiologiques

> *évolution exponentielle (1er ordre)*

> *température cutanée ($T = 3$ min.)*

> *température centrale ($T = 10$ min.)*

> *débit sudoral ($T = 10$ min.)*

Impact de la tenue vestimentaire

> *coefficients de correction (dynamique)*

> *coefficient de réflexion*

> *résistance aux transferts de vapeur spécifiée*

> *fraction de surface corporelle couverte*

3.1 Comparaison des modèles

SUDATION REQUISE (ISO 7933:1989)

Evaluation de la température moyenne cutanée
> *base statistique limitée (sujets nus)*

Niveau d'activité & température centrale
> *influence non prise en compte*

Pondération écorce/noyau (thermique) & stockage
> *hypothèse implicite 0.3/0.7*

Efficacité évaporatoire de la sudation
> *fonction de la mouillure cutanée – minimum à 0.5*

Débit sudoral maximal
> *valeur constante, discontinuité à 65W/m²*

ASTREINTE THERMIQUE PREVISIBLE (PHS) (ISO 7933:2004)

Evaluation de la température moyenne cutanée
> *2 nouvelles équations (sujets nus & habillés)*

Niveau d'activité & température centrale
> *température centrale augmente avec l'activité*
> *diminution de la sudation requise*

Pondération écorce/noyau (thermique) & stockage
> *poids écorce entre 0.3 et 0.1 et fonction de t_{re}*
> *stockage progressif (itérations)*

Efficacité évaporatoire de la sudation
> *Effondrement jusqu'à 5% en ambiance humide*

Débit sudoral maximal
> *positivement corrélé à la valeur du métabolisme*
> *acclimatation : +25%*

3.2 Comparaison des critères d'astreinte

SUDATION REQUISE (ISO 7933:1989)

Critères d'astreinte thermique

> *stockage de chaleur & pertes hydriques*

Stockage de chaleur maximal

> *2 seuils (alarme/danger)*

> *limite t_{re} à 37.8°C/38°C (OMS 1969)*

Pertes hydriques maximales

> *2 seuils (alarme/danger)*

> *accl./non accl. : 6%/4% de la m.corp. (alarme)*

ASTREINTE THERMIQUE PREVISIBLE (PHS) (ISO 7933:2004)

Critères d'astreinte thermique

> *température rectale & pertes hydriques*

Température centrale maximale

> *limite t_{re} à 38°C*

Pertes hydriques maximales

> *pertes hydriques maxi 3% masse corporelle*

> *Prise en compte des boissons*

> *réhydratation d'env. 60% (sujet moyen)*

> *réhydratation sup. à 40% (95% des sujets)*

>> *pertes hydriques maxi 7.5% / 5% m.corp.*

3.3 Effets et bénéfices

Meilleure représentation de la réalité de la situation de travail

Meilleure modélisation des phénomènes thermo-physiologiques

Meilleurs résultats au regard des valeurs expérimentales

Tendance (étude paramétrique UCL)

" $DLE_{PHS} > DLE_{SR}$ si liée aux pertes hydriques"

" $DLE_{PHS} < DLE_{SR}$ si liée à l'élévation de t_{re} "