



# ASTEC ET LA DURÉE LIMITE D'EXPOSITION À LA CHALEUR

Rex sur l'utilisation du logiciel ASTEC

JFS 12/06/2015

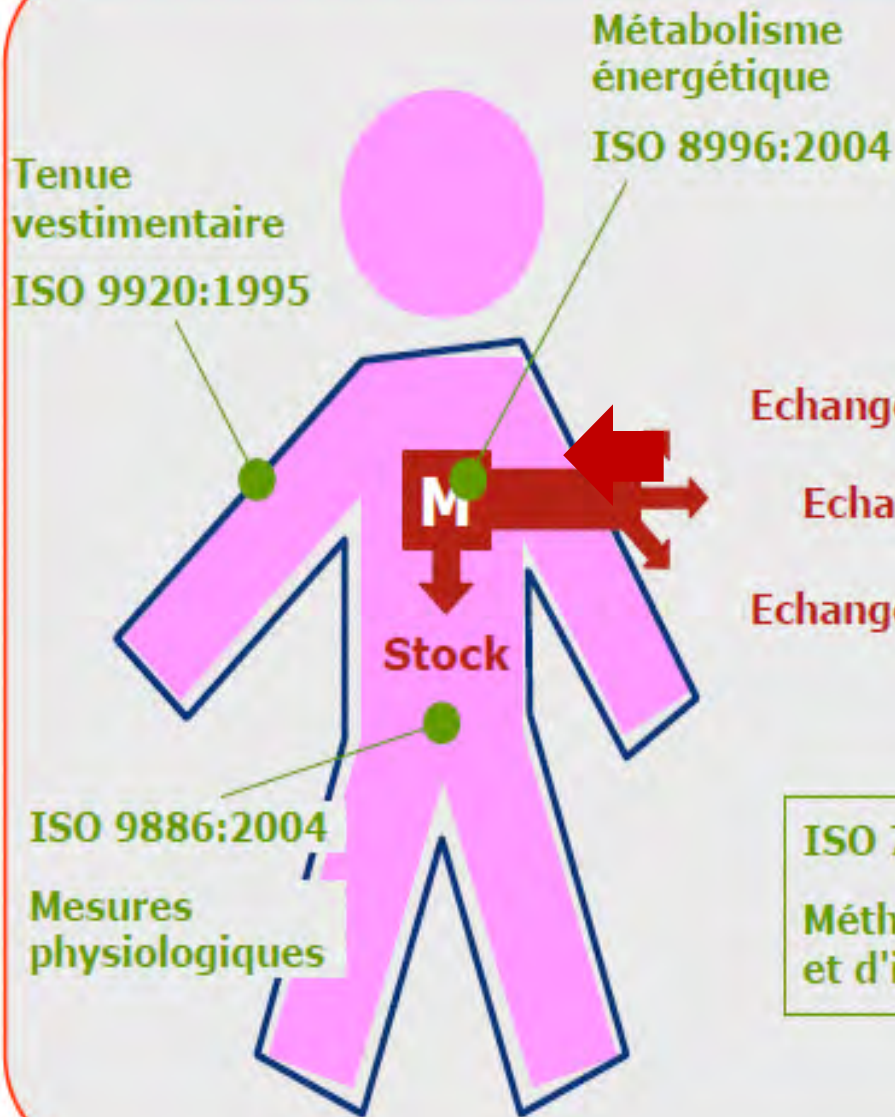
Dr Daniel JAEGERT ( EDF et UTBM),  
Dr Bernard LE GUEN( EDF)  
Prof Jean-Claude SAGOT ( UTBM )



## Fréquence des travaux en ambiances chaudes souvent en début des arrêts de tranche

- ❑ Déclassement du Bâtiment Réacteur : déclassement zone rouge et cartographie
- ❑ TUY 103 : mesures de calage de jeux sur Générateurs de vapeur et Pressuriseurs
- ❑ Déblocage et mise en place du pont polaire
- ❑ Montage d'échafaudage en anticipation des arrêts de tranche





Echanges convectifs (+/-)

Echanges radiatifs (+/-)

Echanges évaporatoires (-)

ISO 7933:2004

Méthode d'analyse  
et d'interprétation

## Ambiance thermique

- température de l'air
- humidité de l'air
- vitesse de l'air
- température moyenne de rayonnement

ISO 7726:1998

Mesure  
des grandeurs  
physiques

Ergonomie des ambiances thermiques

**Détermination analytique et interprétation  
de la contrainte thermique fondées  
sur le calcul de l'astreinte thermique  
prévisible**

- E : Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain
- D : Ergonomie der thermischen Umgebung — Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung

---

***Norme française homologuée***

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 janvier 2005 pour prendre effet le 5 février 2005.

Remplace la norme homologuée NF EN 12515, de septembre 1997.



## 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")





## 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.*





# HISTORIQUE EDF

- En 1999, un GT (médecins du travail, ingénieurs, ergonomes) met à disposition des médecins et des préventeurs des CNPE un outil permettant de calculer les durées limites d'exposition pour les travaux réalisés en ambiance chaude (norme ISO 7933 de 1989)
- En 2005, la norme pour le calcul des durées d'exposition a évolué (ISO 7933)
- Une hétérogénéité dans la prise en compte du travail à la chaleur (périmètre activité, paramètres à intégrer, ...) qui conduit à des DLE allant du simple au double pour une même activité
- Le GT s'est reformé en 2007 - Une AnP a été ouverte en 2008 pour homogénéiser la prise en compte de la NF EN ISO 7933:2005



# ACTIONS RÉALISÉES



- Analyse de retour d'expérience : **REX des pratiques** mises en œuvre dans les situations de travail à la chaleur ( Réf.: D4550.35-09/2294 )
- Rédaction d'un **guide méthodologique** concernant les activités en ambiance thermique chaude en CNPE ( réf.: D4550.35-09/5156)
- Rédaction d'un **manuel pratique** du travail en ambiance chaude
- **Détermination des paramètres clés** à prendre en compte pour calculer la DLE ( métabolisme évalué sur 6 chantiers) en CNPE et caractéristiques de 8 tenues avec évaluation de l'isolement thermique
- Mise à disposition de l'outil d'évaluation de la DLE : **ASTEC**
- **Actions complémentaires:** évaluation du métabolisme de travail à la chaleur et travail sur les tenues de travail ( SAFLEX avec un isolement thermique en clo de 0,5 et un indice de perméabilité statique à l'humidité Imst de 0,32).





# Préparation du chantier en ambiance thermique chaude



# Travail à la chaleur

## Conseils de prévention pour les intervenants

### Risques en ambiance thermique chaude



- Déshydratation
- Élévation de la température du corps

Ces risques s'observent surtout en ambiance chaude et humide. L'évaporation de la sueur n'est pas efficace et le corps est mal refroidi. Ce phénomène est majoré par le port de tenues étanches. L'effort physique est également un facteur important car l'activité musculaire produit de la chaleur.

### Facteurs individuels aggravants



- Il ne faut pas travailler en ambiance chaude lors d'un épisode fébrile ou d'une déshydratation.
- Certaines maladies chroniques (diabète, maladies cardiaques, hypertension artérielle...) ou la prise de certains médicaments, même de façon occasionnelle nécessitent l'avis de votre médecin du travail.

### La Durée Limite d'Exposition (DLE)



La DLE doit être rigoureusement respectée. Elle est calculée conformément à la norme en tenant compte des caractéristiques de l'intervention. Si une pause est programmée, elle aura lieu dans un endroit frais prédéterminé pour une durée suffisante et précise (en général une heure).

### Quelques règles d'hygiène doivent être observées

- Dormez suffisamment la veille.
- Buvez beaucoup d'eau.
- Mangez sans excès et salez suffisamment.
- Si un malaise se manifeste, avertissez immédiatement et faites le 112.



# ORGANISATION DES CHANTIERS EN AMBIANCE CHAUDE

- **Responsabilités** : l'EE est responsable de la DLE ( c'est l'employeur qui décide du scénario d'intervention et fixe la DLE de son chantier )
- **Mise à disposition des EE des moyens et compétences du CNPE sur demande formalisée** ( modélisation avec ASTEC par le CNPE sur demande de l'EE avec validation par sa signature de l'acceptation de la valeur de la DLE) Pour une période plus longue ou pour des chantiers hors heures ouvrables, l'employeur peut remplir une lettre de délégation couvrant son acceptation de plusieurs calculs de DLE .
- **Obligation du CNPE de fournir les paramètres d'ambiance thermique..**
- **La norme ISO 7933 est prescriptive et applicable strictement. Les agents utilisateurs doivent être formés.**



# L'OUTIL ASTEC ( ANALYSE DES SITUATIONS DE TRAVAIL EN ENVIRONNEMENT CHAUD)

Porteurs : Cécile CHARLET (UNIE GPRE), Joseph OJALVO (R&D) et Bernard LANDRY (CNPE BLAYAIS)

L'application ASTEC permet **d'analyser les situations de travail en ambiance chaude. Il s'agit d'optimiser la planification des chantiers vis-à-vis du risque chaleur et de calculer des durées limites d'exposition**  
( norme NF EN ISO 7933:2005 )

## Enjeux/plus-value :

- évaluer les risques liés aux interventions en ambiance chaude,
- prévenir les accidents dus à la chaleur,
- préparer et optimiser les interventions en ambiance chaude,
- optimiser le planning d'intervention.



# DESCRIPTIF DE L'APPLICATION ASTEC

- Elle se compose de trois modules :
  - · saisie des paramètres de calcul,
  - · récapitulatif et contrôle des paramètres saisis,
  - · présentation des résultats.

## · SES PRINCIPALES FONCTIONNALITÉS

- Le calcul de l'évolution de la température corporelle et des pertes hydriques pour les situations de travail en environnement chaud,
- L'établissement d'un bilan corporel thermique,
- L'analyse de la sudation / évaporation.
- Ces résultats sont transcrits graphiquement.
- Pour son utilisation il est nécessaire de rentrer un paramétrage, fonction de l'environnement et des conditions de travail ainsi que du sujet.

## · LES DOMAINES INTÉRESSÉS PAR L'APPLICATION

- Des travaux en ambiance chaude sont réalisés essentiellement en période d'arrêt de tranche et concernent principalement les opérations réalisées en début et fin d'arrêt lorsque la température dans les locaux est élevée.
- Les domaines intéressés par l'application sont donc : la maintenance, la production, la conduite.

## LA POPULATION CONCERNÉE ET SON STATUT

Selon les organisation de sites, le logiciel est utilisé par :

- - le service prévention des risques,
- - le service médical,
- - le service prévention des risques et le service médical.



■ Les nouvelles contraintes de la norme :

**1) T° centrale corporelle < à 38°C**

- Cette contrainte déterminera la DLE par hyperthermie.

**2) Perte hydrique : < 3 % si hydratation**

**Impossible**

**< 5 % si hydratation**

**possible.**

- Ces contraintes détermineront la DLE par déshydratation.

■ Les DLE (Durée Limite d'Exposition) :

**Hyperthermie (T° centrale >38° C atteinte) :**

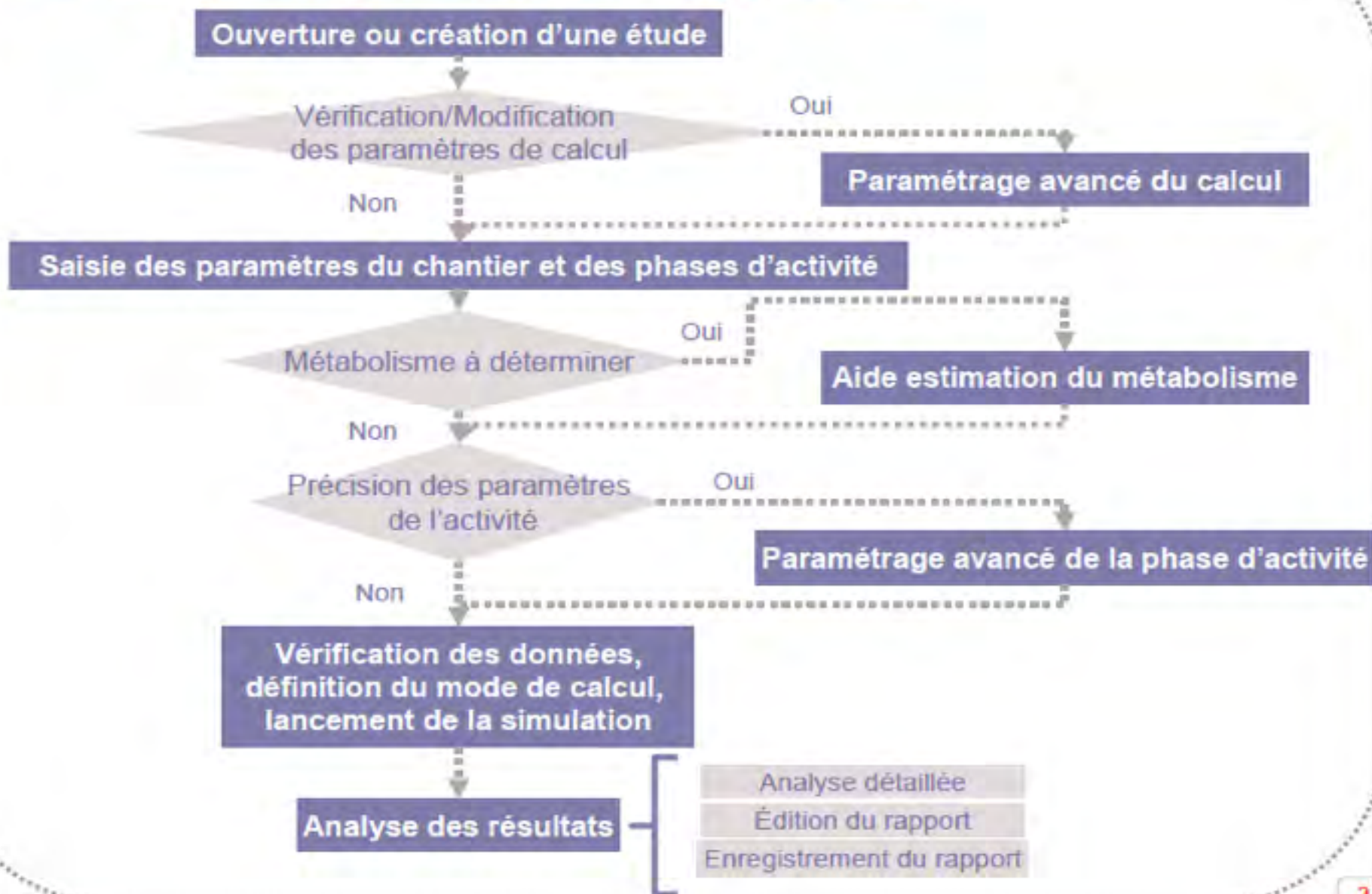
Pause d'une heure dans une ambiance fraîche avec possibilité d'hydratation (Vestiaire froid par exemple).

**Déshydratation (Perte hydrique >3% ou >5%) :**

Une seule exposition par jour.



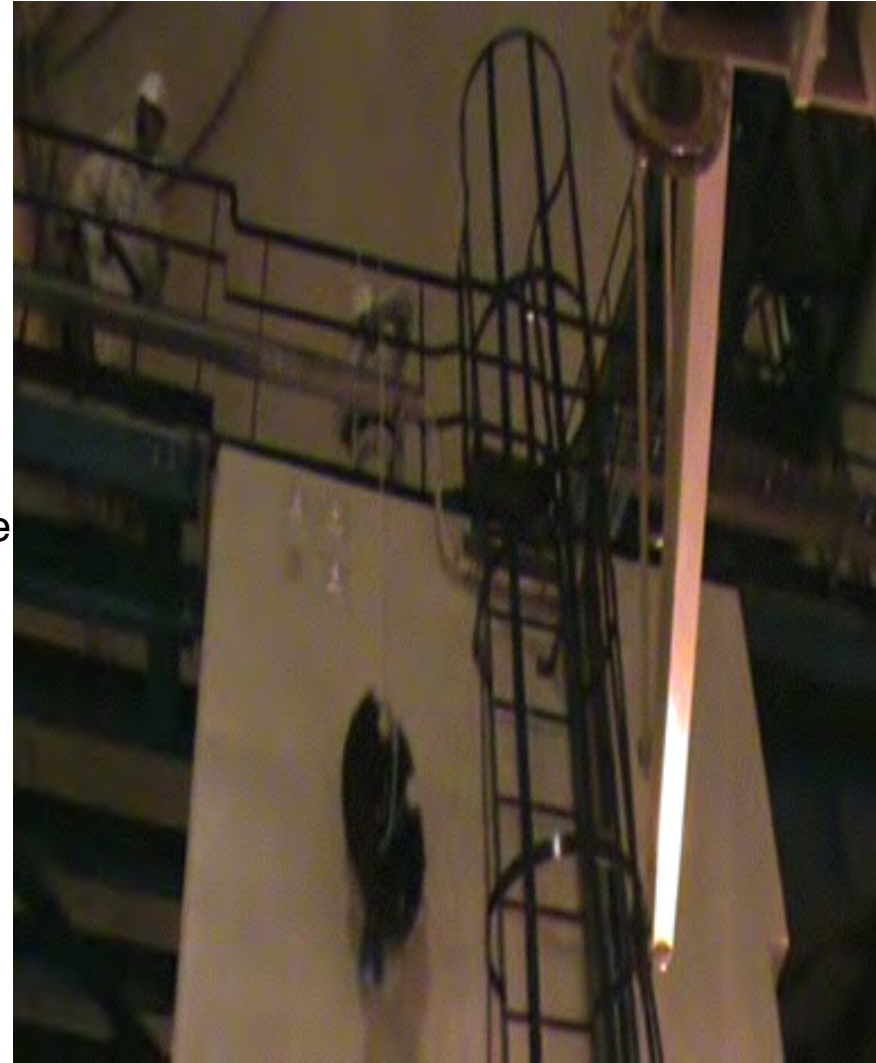
# Description générale de l'application



# LOGICIEL ASTEC EDF

# DIFFICULTÉS NON PRISES EN COMPTE DANS ASTEC

- Type de travailleur: novice ou expérimenté
- Effet non négligeable du stress ( lors apprentissage par exemple)
- Effet de l'état de santé: diabétique, prise de médicaments, alimentation déséquilibrée.
- Tâches imprévues dans le travail: montée de charges lors déblocage du pont <sup>manuelle</sup> ( absence de palan ou absence de <sup>polaire</sup> courant électrique)
- Non respect de la pause : pour régler une consignation ou chercher une pièce manquante
- Pas de boissons en salle de repos au vestiaire froid
- Température du local de repos à 25-27°C






**Valeurs du métabolisme de travail retenues pour les activités citées. 3 niveaux sont retenus en fonction de l'expérience, le savoir et savoir faire des opérateurs concernés par la tâche à effectuer**

Chantiers	Activités	Métabolisme pour personne reconnue qualifiée pour la tâche Mq, W/m <sup>2</sup>	Métabolisme Moyen retenu pour la tâche M moy, W/m <sup>2</sup>	Métabolisme pour personne novice pour la tâche Mpn, W/m <sup>2</sup>
TUY 103	Mesures de calage de feux	148	164	180
Evacuation combustible usé TN12	Boulonnage : serrage du couvercle du château à la clé dynamométrique	140	155	170
	Mise en place vanne à 0m du lorry	138	153	168
	Sommation des activités intégrant des périodes moins pénibles	95	103	115
Déclassement du bâtiment réacteur	Analyse de l'air	110	124	135
	Cartographie	110	124	135
	Analyse de l'air et cartographie intégrant d'autres petites tâches	105	118	130
Mise en service du pont polaire DMR	Montée du matériel manuellement	135	150	165
	Installation palan+ contrôle du pont polaire + travail dans la poutre	110	120	132
Montage d'échafaudage en anticipation des arrêts de tranche	Recherche de matériel à l'extérieur	130	140	155
	Déchargement de matériel dans l'ascenseur salle des machines	130	143	155
	Manutention matériel vers lieu de montage	220	245	270
	Montage échafaudage proprement dit	165	182	200
Epreuve hydraulique du CPP	Contrôle visuel de la boucle du pressu PZR chaudronnier	110	121	133
	Contrôle visuel boucle1 chaudronnier	110	121	133

## QUE FAIRE SI LA DLE EST < A LA DURÉE DE LA TÂCHE ?

- Ventiler : cobra , EBA...
- Si la DLE est < 30minutes des mesures de prévention spécifiques doivent être prises et une surveillance physiologique directe et individuelle des travailleurs est particulièrement nécessaire.: prise de la fc en continu , perte de la masse corporelle, températures cutanées, température centrale.
- Favoriser la préhydratation ( 20% de la perte de masse)
- Diminuer la charge physique de travail ( aides à la manutention, outils , postures , gestes...)
- Rotation avec des équipes différentes ,horaires de travail.
- Formation et information ( favoriser l'adaptation à la chaleur ?)
- Améliorer les tenues de travail
- Pas de travail à la chaleur après 50 ans ( examen cardio préventif pour l'aptitude)
- Suivre les travailleurs lors des pauses ( prise TA,, Fc doit revenir à celle de repos, dépister signes d'intolérance à la chaleur , suivre réhydratation ).
-  **Attendre que les températures baissent**





MERCI DE VOTRE  
ATTENTION



Université de Technologie de Belfort-Montbéliard



Analyse des Situations de Travail en Environnement Chaud  
Détermination de la durée limite d'exposition au travail en ambiance chaude  
par le calcul de l'austérité thermique admissible selon la norme ISO 7933

Nom: Nouvelle étude 

## I - Généralités




Taille: 1,8 m

 Sujet acclimaté

Poids: 75 kg

 Le sujet peut boire librement au poste de travailAvancé 

## II - Paramètres de la phase d'activité

Phase n°: 1 / 1   

Libellé: Phase 1

Durée: 480 min

Métabolisme (A)(m<sup>2</sup>)

Aide: 40

Posture

 Accroupi  Assis  Debout

Tenue vestimentaire

Saisie manuelle

icf: 0,500 cfo

imat: 0,30

Ambiance thermique

Temp. d'air (°C): 40,0

Vitesse de l'air (m/s): 0,30

Temp. de globe noir (°C): 40,0

Temp. radiante moy. (°C): 40,0

 Temp. humide (°C): 21,0 Humidité relative (%): 15,3Avancé Suivant 

ETUDE

Generales

Talla  Poids  Accel.  Bateau

Phase		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Libelle		Phase 1									
Date	nil	4/01									

Ambiance

Ta	°C	40,0									
Tb	°C	31,0									
HR	%	16,3									
pa	hPa	1204,000									
Va	m/s	0,30									
Tg	°C	40,0									
Ti	°C	40,0									

Activite

N	W/h²	120									
Unité	-	(h²)									

Mesures

Terme		Scalé réservé									
Kf	g	0,500									
Ra.d	m/s²	12,4									
axial	-	0,300									

Paramètres avancés

Vib.	W/h²	0									
Marche	code	0									
Vitesse de marche	nil	0,30									
Sens de marche	code	0									
Circulation vert	degrés	0									
Ap	(x,y)	0,24									
Fr	-	0,37									

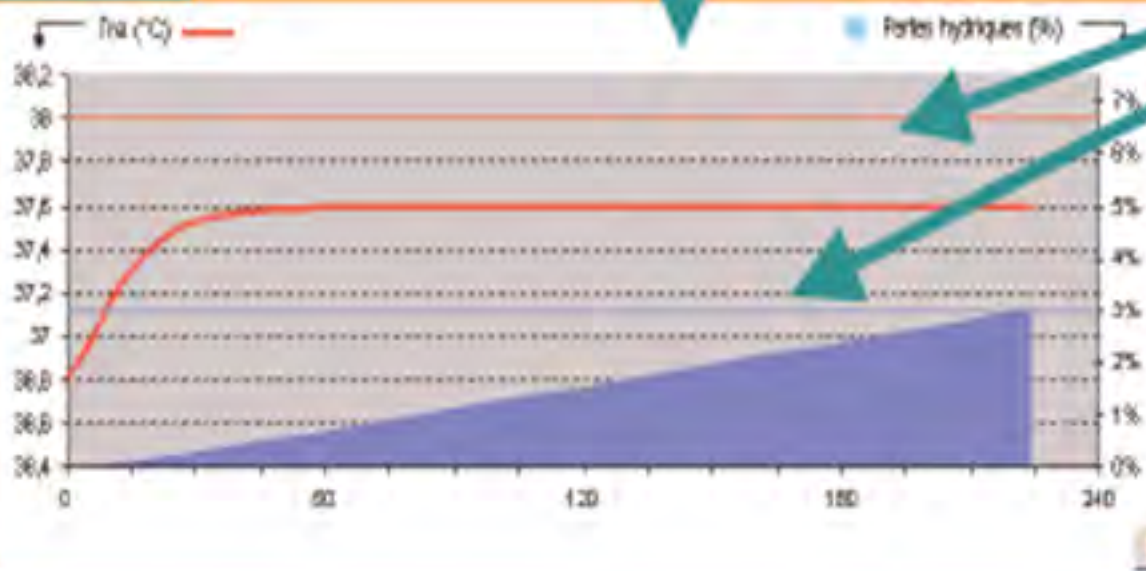
Calcul classique  Attention Travail Max  Travail en équipes

Modifier

Calculer



Nouvelle étude



Durée prévisible du chantier : 400 min.

Tra finale : 37,5 °C

Pertes hydriques : 4976 g (-3,5 %)

D. L. E. 224 min.

Chantier interrompu

Arrêt du travail exigé au bout de 224 minutes (phase 1) dû à des pertes hydriques excessives.

Détails

Analyse

Modifier

Imprimer

Rappeler

Quitter

## ■ **CAS 1** : travaux de remplacement capteur

- Lieu : BR
  - Debout.
  - Métabolisme par défaut : 165 W/m<sup>2</sup>
  - Tenue de base.
  - Durée de travail estimée: 100 min
  - T° Sèche : 35°C
  - T° Globe : 40 °C
  - Hum : 45 %
- 
- **DLE : 38 minutes par hyperthermie.**
- 
- **Conséquences :**  
Pour une intervention nécessitant 100 minutes de travail, l'entreprise en utilisera ( 38 + 60 + 38 + 60 + 24 min soit 220 minutes ).
- 
- **DLE avec tenue SAFLEX : 72 minutes.**
- 
- **Conséquences :**  
Pour une intervention nécessitant 100 minutes de travail, l'entreprise en utilisera ( 72 + 60 + 28 min soit 160 minutes ).



## ■ CAS 2 : PONT POLAIRE

■ **Particularité : Il s'agit d'un scénario à plusieurs phases, dont les métabolismes sont spécifiques.**

- Lieu : BR
- Mise en place du pont polaire
- Debout
- Tenue SAFLEX
- Métabolismes et durée des phases données et souhaitées par l'entreprise :

### ■ **Phase 1 – Montée**

- Durée : 15 min
- Métabolisme : 200 W/m<sup>2</sup>
- Posture : debout

### ■ **Phase 2 – Travail**

- Durée : 90 min
- Métabolisme : 150 W/m<sup>2</sup>
- Posture : debout

### ■ **Phase 3 – Descente**

- Durée : 10 min
- Métabolisme : 200 W/m<sup>2</sup>
- Posture : debout

### ■ **Phase 4 – Repos**

- Durée : 90 min
- Métabolisme : 65 W/m<sup>2</sup>
- Posture : assise

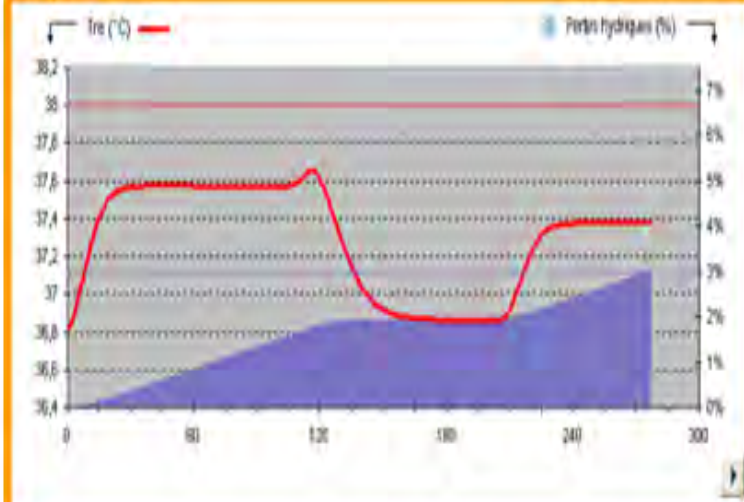
Valeurs bioclimatiques :

T° : 36°C

T° Globe : 38°C

Hum : 26,2 %

Pont polaire



Durée prévisible du chantier : 329 min

D. L. E. : 277 min

T° finale : 37,4 °C

Chaleur interrompue

Pertes hydriques : 2788 g (+3,7 %)

Arrêt du travail exigé au bout de 277 minutes (phase 4) du à des pertes hydriques excessives

Détails



## CAS 2 : PONT POLAIRE

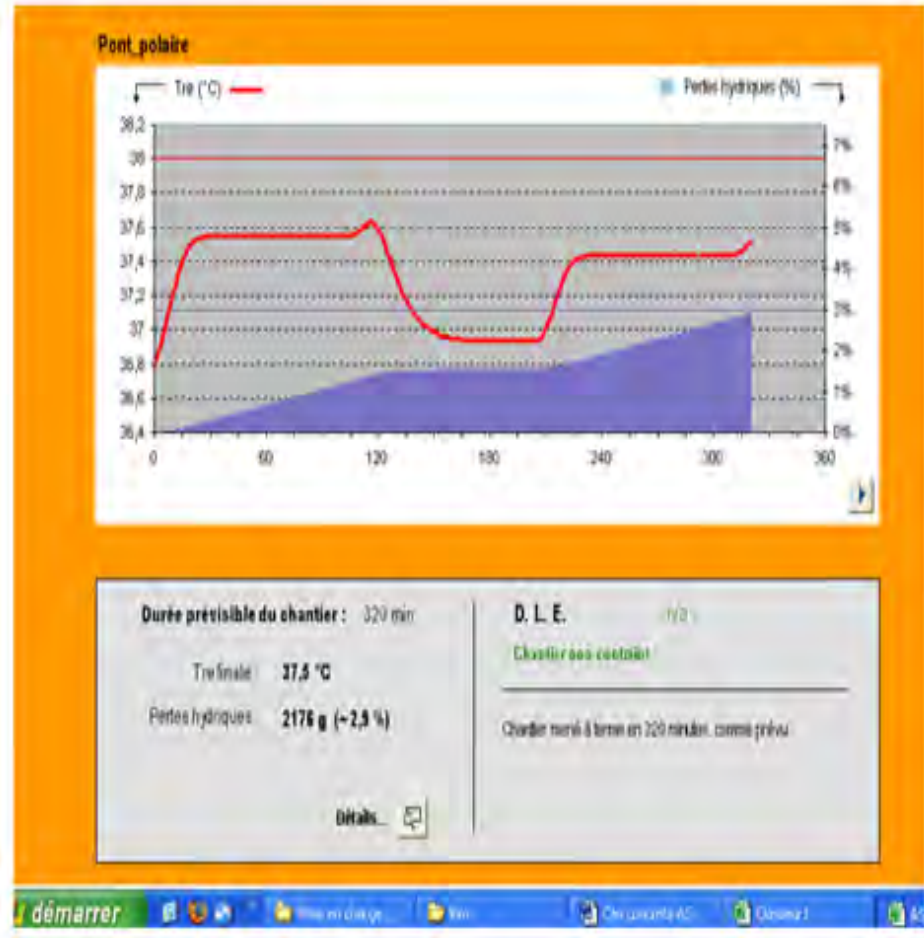
- La DLE calculée est de 277 min, pour une durée souhaitée de 320 min.
- Une seule montée au pont polaire est possible.
- De plus il s'agit d'une DLE déshydratation, ce qui implique une interdiction d'exposition pendant 24 heures !
- **Solution :**  
Diminuer la durée des phases de travail.  
Passer de 90 minutes pour les phases 2 et 2 bis, à 67 min.
- La durée souhaitée passe alors à 274 min.
- Les deux montées sont alors possibles.
- Le chantier est non contraint.

Valeurs bioclimatiques des jours suivants :

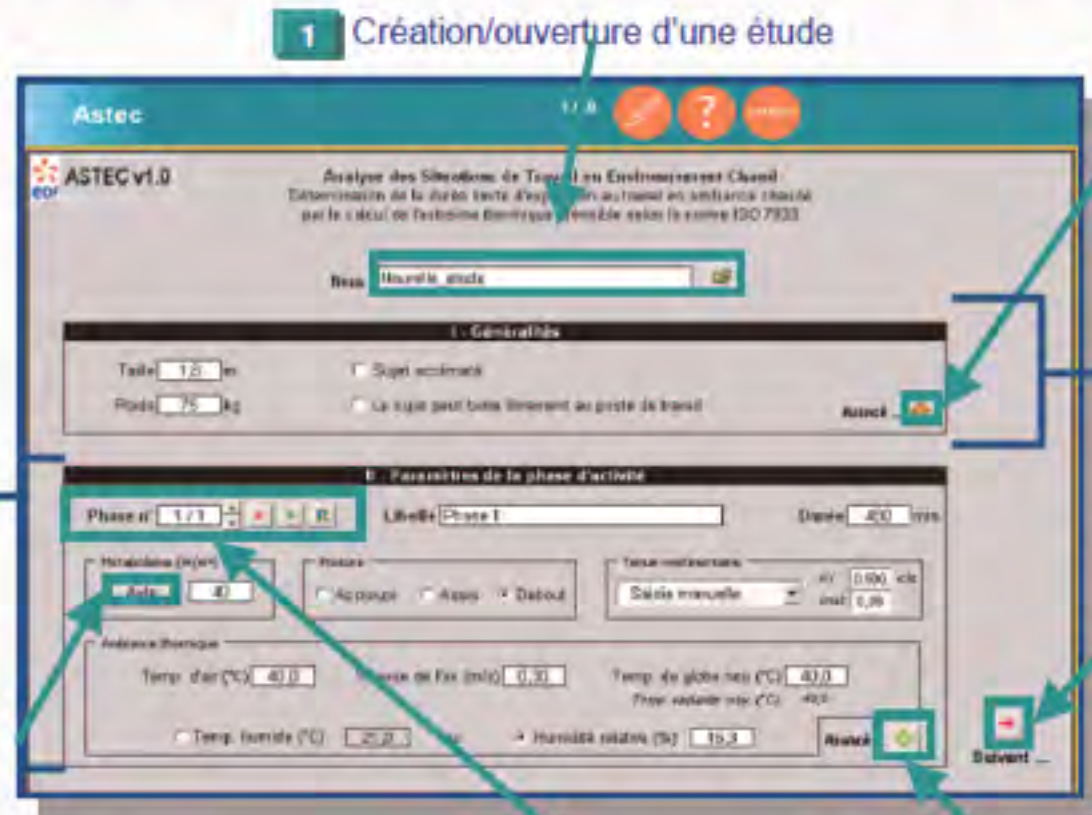
T° : 34,2°C

T° Globe : 35,8°C

Hum : 26,2 %



Le chantier est non contraint avec les données initiales du scénario.



**1** Création/ouverture d'une étude

**2.1** Accès aux paramètres de calcul (globe, phase de repos)

**2**

Saisie des données générales de l'étude

**3** Saisie des caractéristiques de la phase

**4** Accès au tableau de synthèse des données avant lancement du calcul

**3.2** Accès aux outils d'estimation du métabolisme énergétique (Cf. Guide Utilisateur)

**3.1** Gestion des différentes phases de l'activité :

- 2/3** - [n° phase active / nombre total de phases]
- ▲ ▼** - Navigation dans les différentes phases
- ✖** - Suppression de la phase active
- +** - Ajout d'une nouvelle phase après la phase active (par défaut de mêmes caractéristiques et durée 1 min.)
- R** - Application des caractéristiques de repos à la phase active

**3.3** Accès aux caractéristiques complémentaires de la phase active





# VERIFICATION DES DONNEES ET LANCEMENT DU CALCUL

1

## Sélection du mode de calcul

- 1 – Calcul standard de la Durée Limite d'Exposition
- 2 – Planification automatique des phases de repos
- 3 – Planification automatique des changements d'équipes

ETUDE:  ASTEC v1.0

**Généralités**

Taille:  Poids:  Accés:  Bolsson:

Phase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Libellé	Phase 1									
Durée min.	480									

**Atmosphère**

Ta	°C	40,0								
Tb	°C	21,0								
HR	%	16,3								
pa	hPa	1204,000								
Va	m/s	0,30								
Tp	°C	40,0								
Tr	°C	40,0								

**Activité**

N	W/h	150								
MCS	-	0,000								

**Mouvement**

Temps		Calcul manuel								
Id	h	0,300								
Pa d	m/s	13,4								
Inst	-	0,360								

**Paramètres avancés**

Vite	W/h	0								
Marche	code	0								
Vitesse de marche	m/s	0,30								
Sans de marche	code	0								
Direction du vent	dir	0								
Ap	[h, l]	0,54								
Fr	-	0,37								

Modifier

Calculer

Calcul standard  
  Alternance Travail/Repos  
  Rotation d'équipes

2

Retour aux données de l'étude pour modification

3

Lancement des calculs



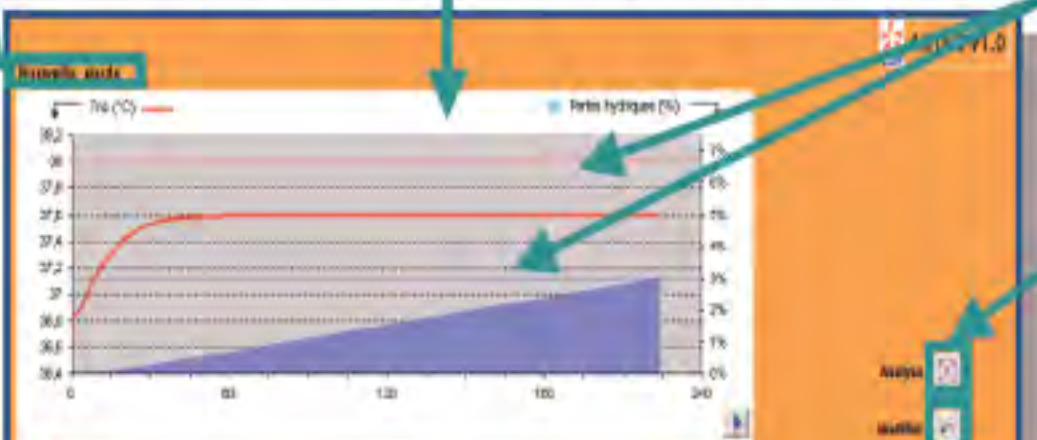
# CONSULTATION DES RESULTATS

## Courbes d'évolution des critères d'astreinte thermique :

a – température rectale (°C) – (courbe rouge)

b – Pertes hydriques (% masse corporelle) – (aire bleue)

Nom de l'étude



Seuils d'astreinte thermique admissibles (Tre, P. hydr.)

Accès aux outils d'analyse détaillée de la situation de travail (Cf. Guide Utilisateur)

### Conclusions de l'étude

a – Durée prévisible du chantier & astreinte thermique correspondante (à gauche)

b – Durée limite d'exposition et commentaire (à droite)

**Durée prévisible de chantier:** 40 min

**Tre limite:** 37,6 °C

**Pertes hydriques:** 4878 g (-4,8 %)

**D.L.E. (Durée Limite d'Exposition):** 201 min

**Commentaire:** Anémohémorragie au bout de 201 minutes (après 170 min de pertes hydriques excessives)

Retour aux données de l'étude pour modification

Enregistrement de l'étude et édition du rapport

Quitter l'application

Résultats détaillés

	Temps (min)	Tre [°C]	Pertes hydriques [% (g/min)]
Durée limite	n/a	n/a	n/a
Durée limite	201	37,6	2251
Durée limite	174	37,6	2201