

Dr Marc BORGNETTA

Institut National de Plongée Professionnelle

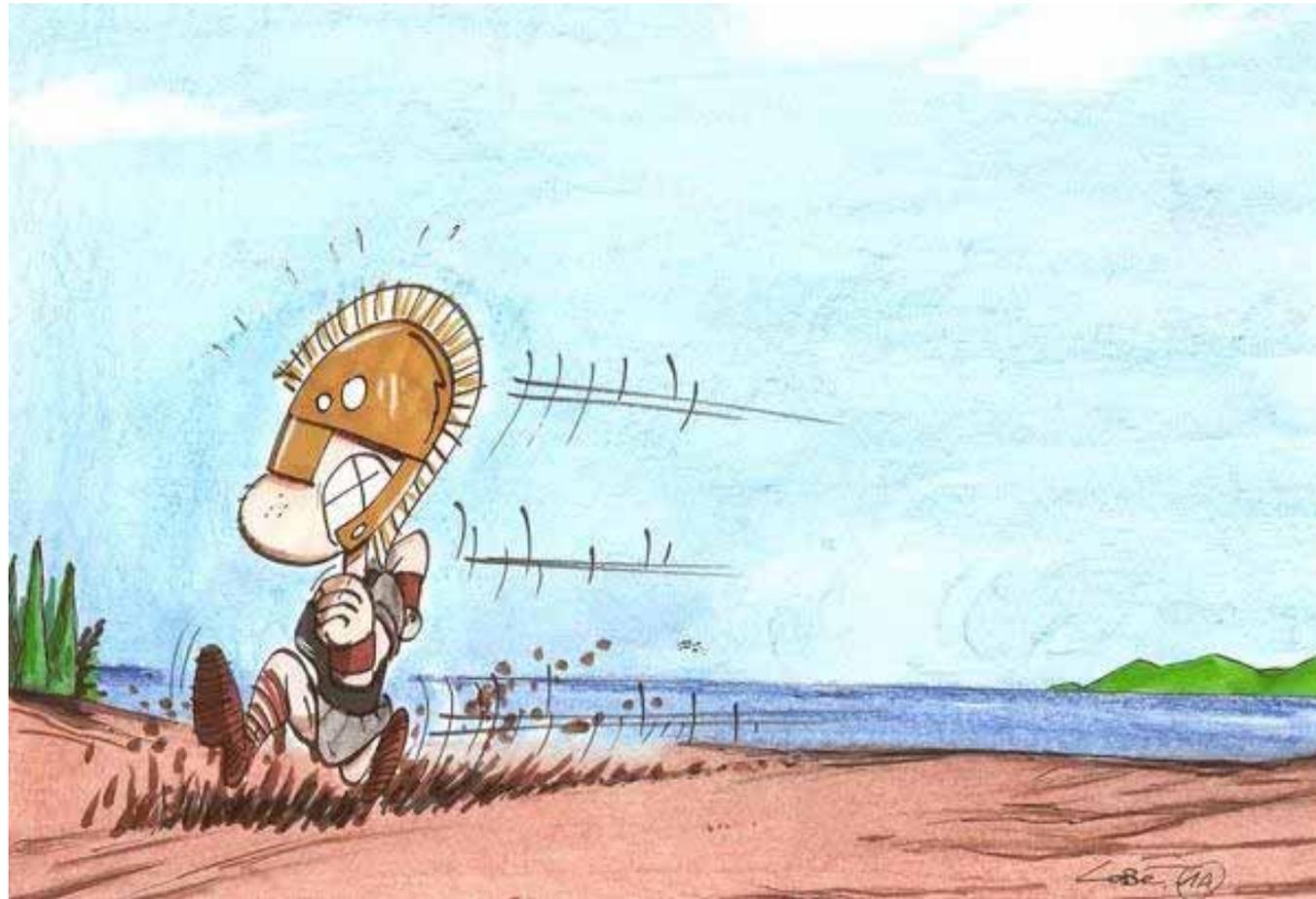


L'HYPERTHERMIE MALIGNNE D'EFFORT .

**A propos d'un poste de
travail.**

Risques, Analyse et Prévention.

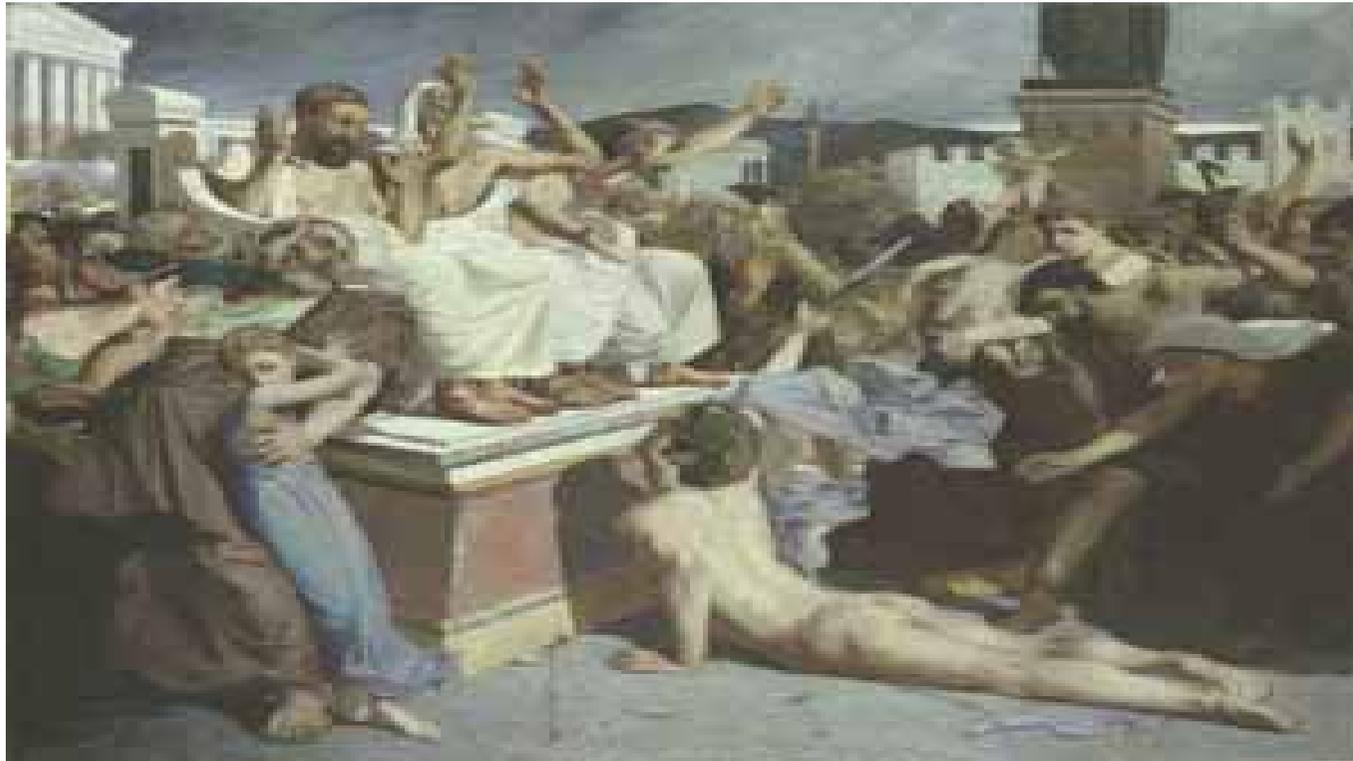
Le valeureux soldat Philippidès de la bataille de Marathon.....



meurt d'épuisement en arrivant à
Athènes.....



..sur l'Agora, au pied de l'Acropole, après 4 heures de course



Le premier cas historique probable d'accident mortel par HYPERTHERMIE

(ou Coup de Chaleur d'Exercice)

Notre sujet du jour :

L'HYPERTHERMIE

Quelques rappels sur:

Thermorégulation physiologique
Physiopathologie et Clinique
Prise en charge

Un Cas Concret de Poste de Travail:

**Réacteur Catalytique en
Raffinerie**

ANALYSE des RISQUES
et
PREVENTION

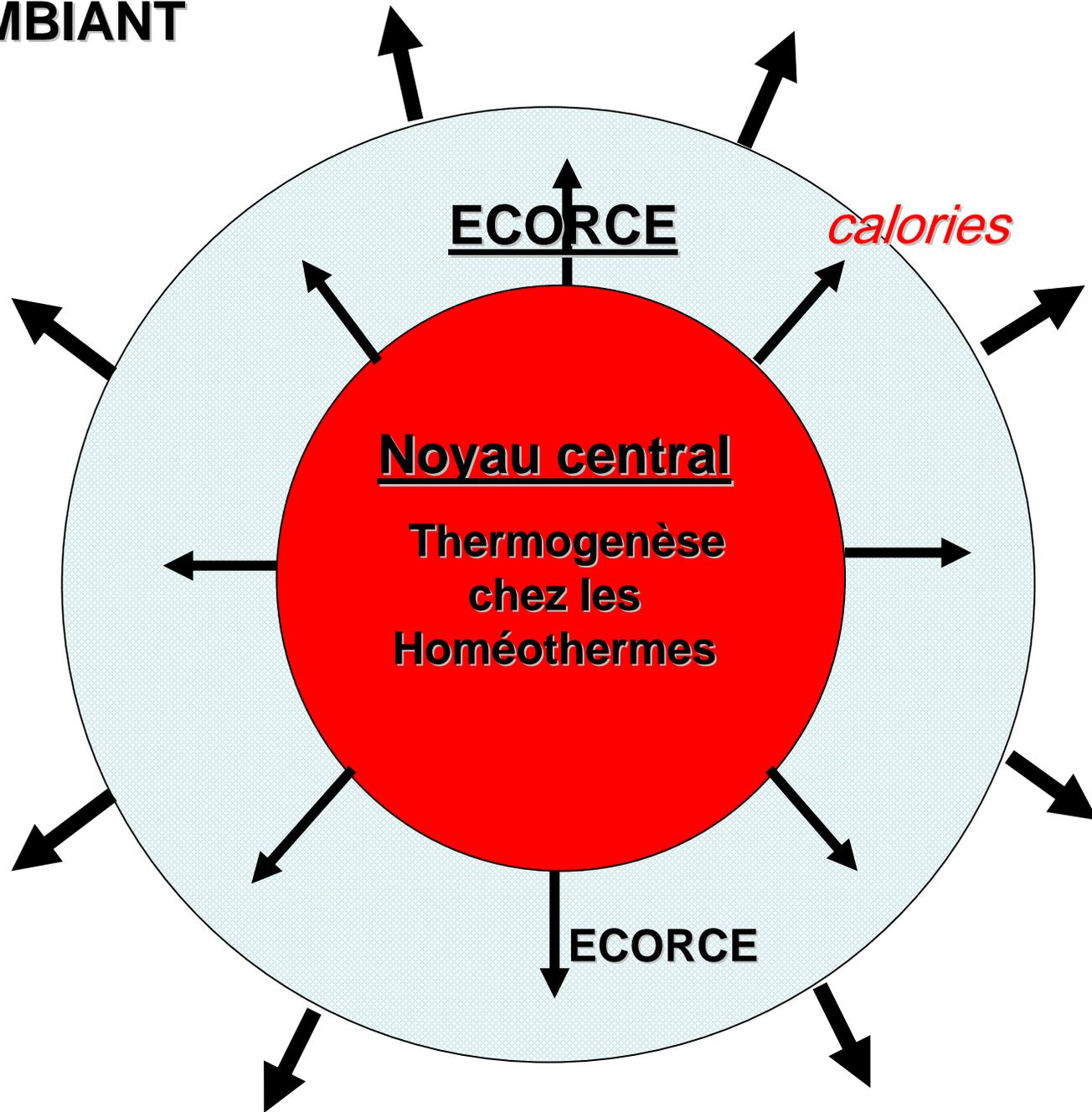
DEUX GRANDS GROUPEES DANS LE REGNE ANIMAL

Selon leur autonomie ou dépendance aux conditions atmosphériques ou environnementales à maintenir leur Température (T°) corporelle

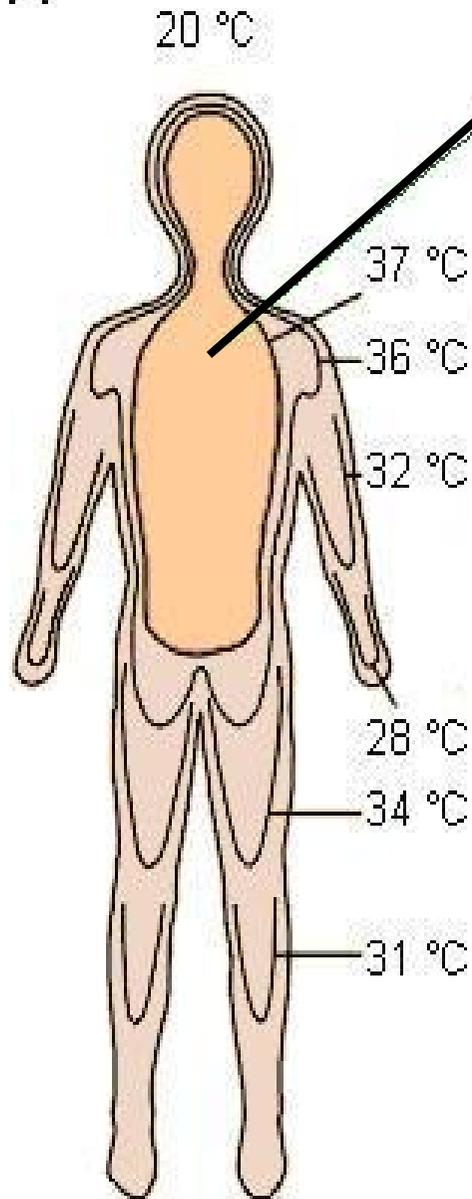
Les POIKILOTHERMES = Aucune régulation physiologique, T° centrale variable

Les HOMEOTHERMES = Régulation physiologique, T° centrale constante

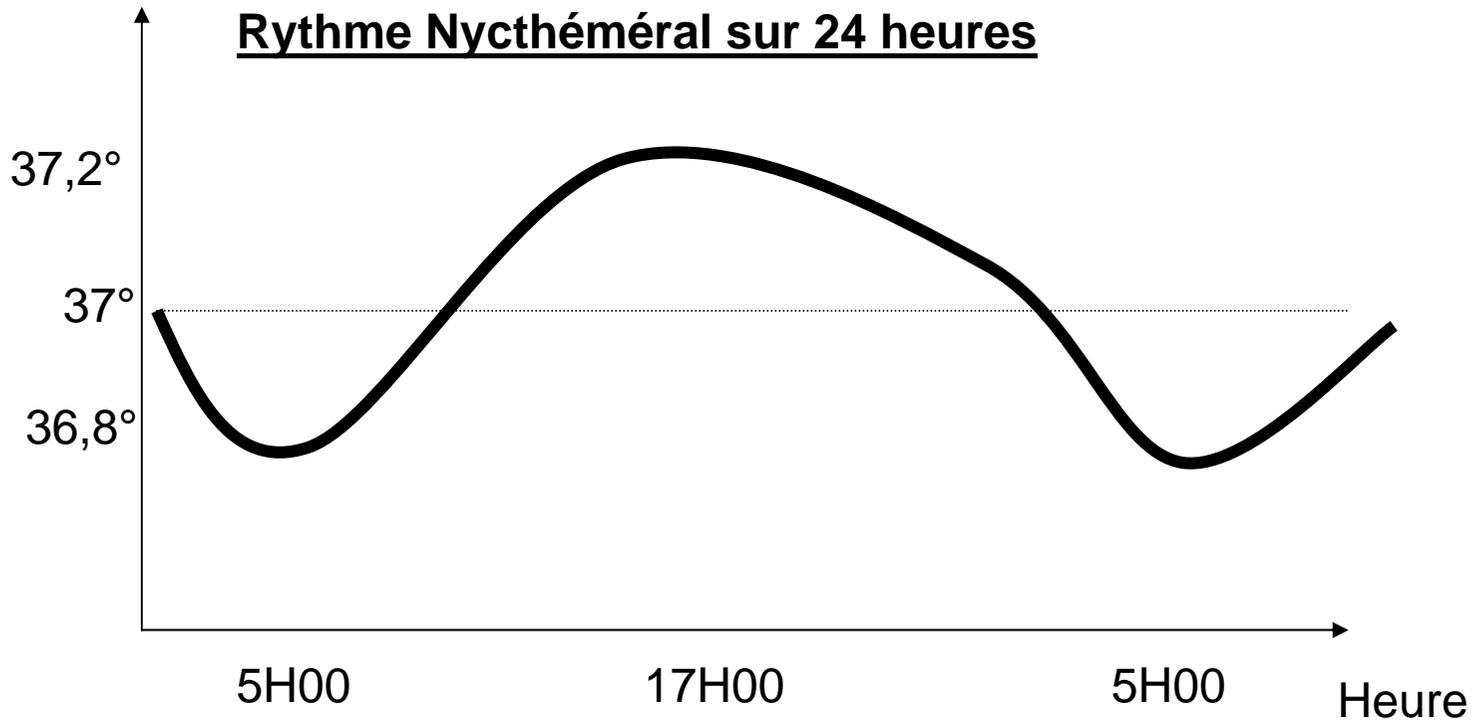
MILIEU AMBIANT



A

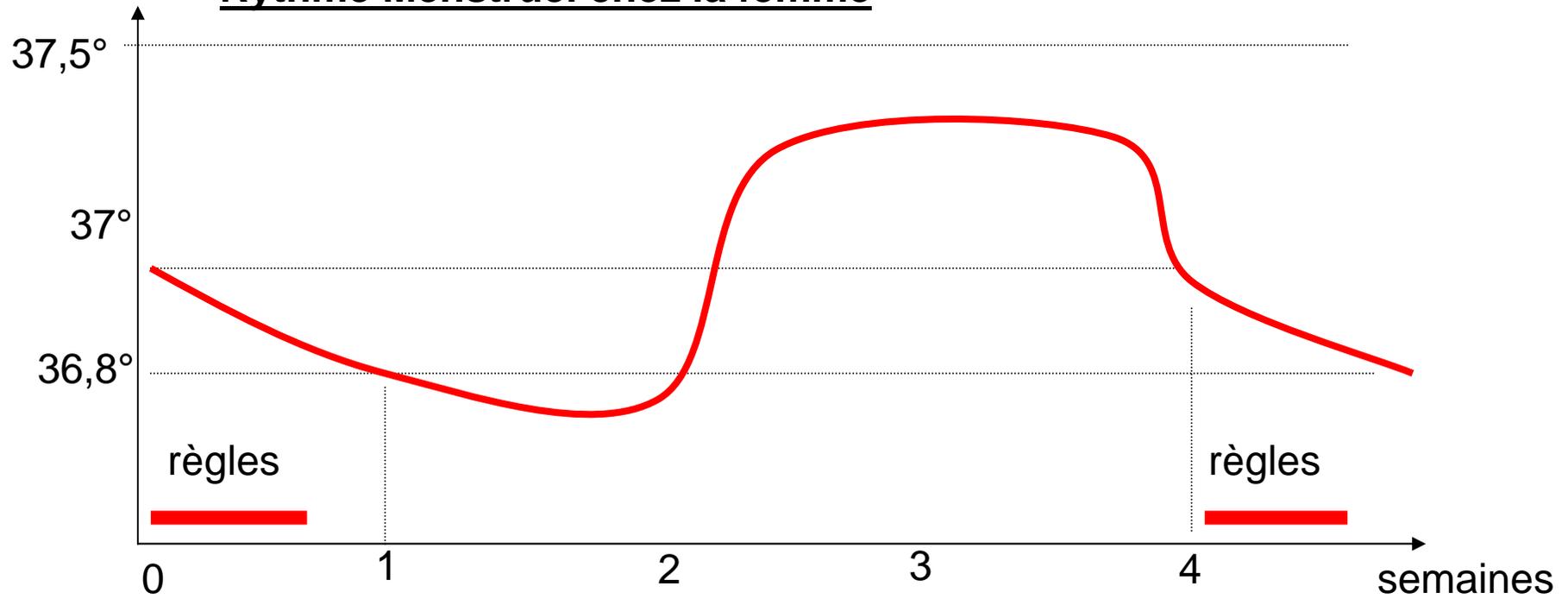


Le noyau central ou est maintenue l'HOMÉOTHERMIE avec une T° Centrale de $37^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$



Un pic à 17H et un minimum à 5H

Rythme Menstruel chez la femme



0,5° de plus le matin dans la 2eme phase du cycle après ovulation

Une T° centrale constante

Nécessite

Que la production de chaleur

Égale

La perte de chaleur

Ce qui revient à dire

THERMOGENESE

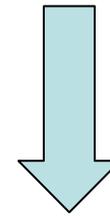
=

THERMOLYSE



Variable selon le
Métabolisme

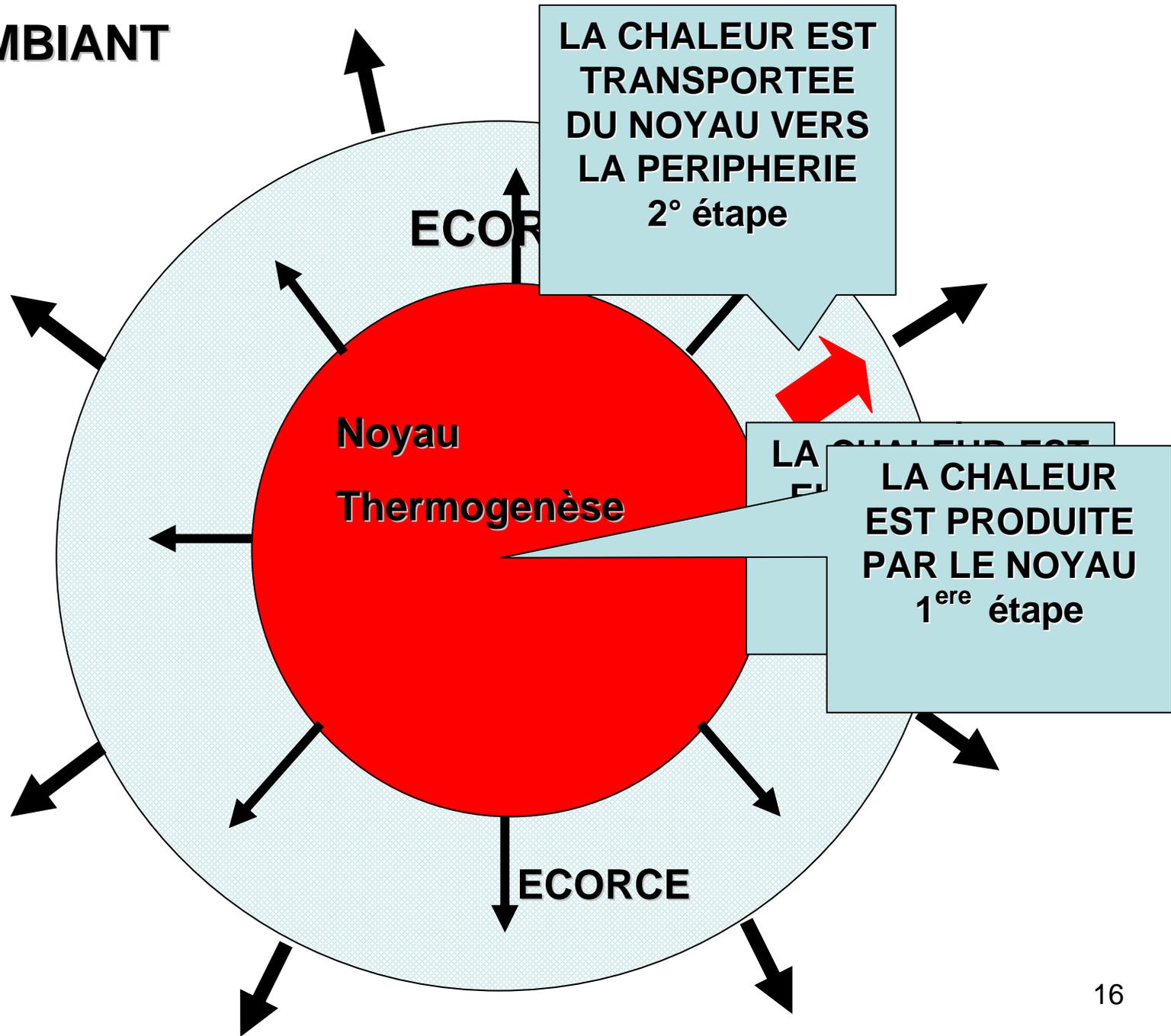
Dépendant de l'activité de l'individu :
*Repos, post-prandial, **exercice++***



Variable selon la
T° extérieure

**La Production et Echange
Thermique chez l'Homme se
fait en 3 Etapes**

MILIEU AMBIANT



La chaleur produite par le noyau

- Au minimum le Métabolisme de base : environ 40 à 45 watt / m² de surface corporelle (ou 34 à 39 Kcal / h / m²).
- Puis dépendra essentiellement de l'exercice musculaire: *25% d'énergie pour 75% de chaleur produite, le muscle a un mauvais rendement énergétique.*

Cette chaleur produite va devoir être éliminée.

Pour cela elle va être transportée du **NOYAU** vers l'**ECORCE** par 2 mécanismes :

- **LA CONDUCTION** : dépend de la **conductance thermique des tissus, qui est faible**, c'est un phénomène lent et **négligeable par rapport au second**



- **LA CONVECTION FORCEE PAR LE SANG :**

LA CONVECTION FORCEE PAR LE SANG



T° périphérique approximative pour une T° ambiante de 19°

La quantité de chaleur ainsi transportée est proportionnelle à la différence de T° entre le sang artériel et le sang veineux périphérique (ou cutané) et au débit sanguin cutané

Dernière étape: Echange entre l'ECORCE** (ou revêtement cutané) et le Milieu Ambient**

Grâce à 4 mécanismes :

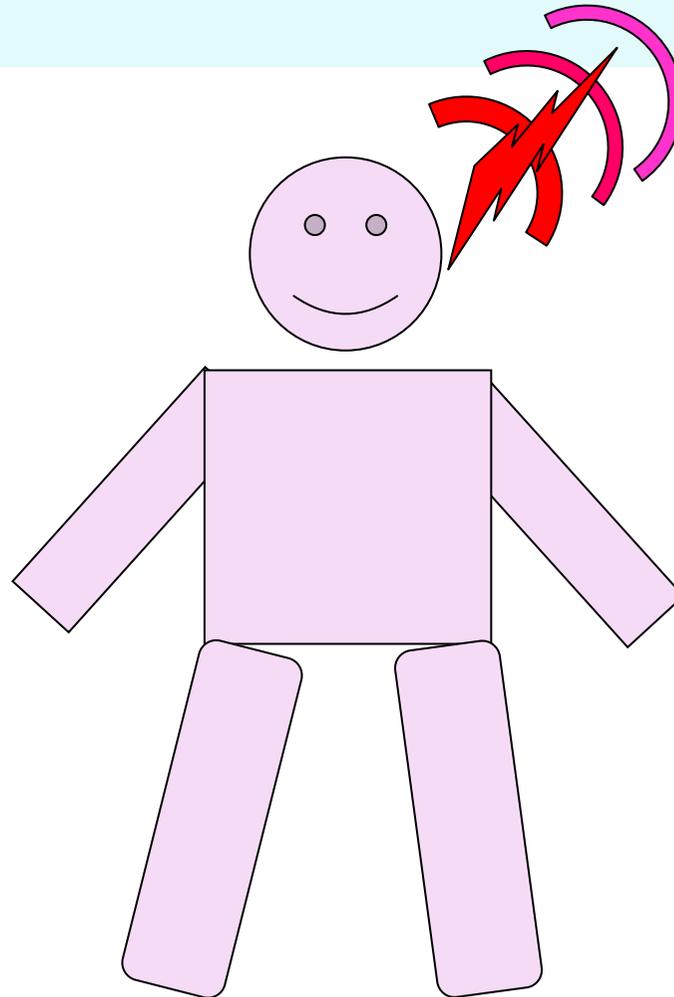
La Conduction.

La Convection.

Les Radiations.

L'Evaporation.

La CONDUCTION

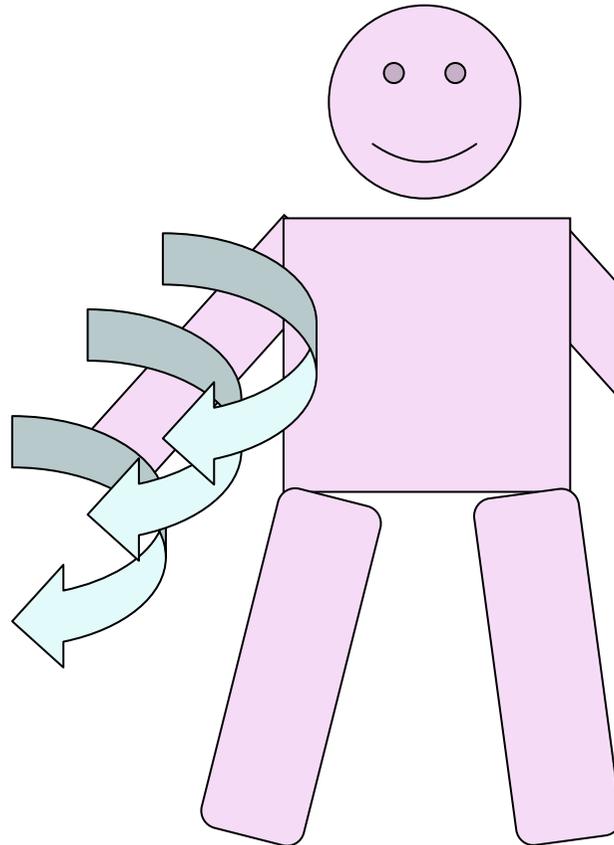


Un mécanisme négligeable du fait de la faible densité de l'air.

Sauf si grande surface de contact ou milieu ambiant composé d'un fluide de plus forte densité (Immersion)

La CONVECTION

ou « effet vent » = Grande perte caloriques



Un fluide en mouvement se réchauffe au contact de la peau.

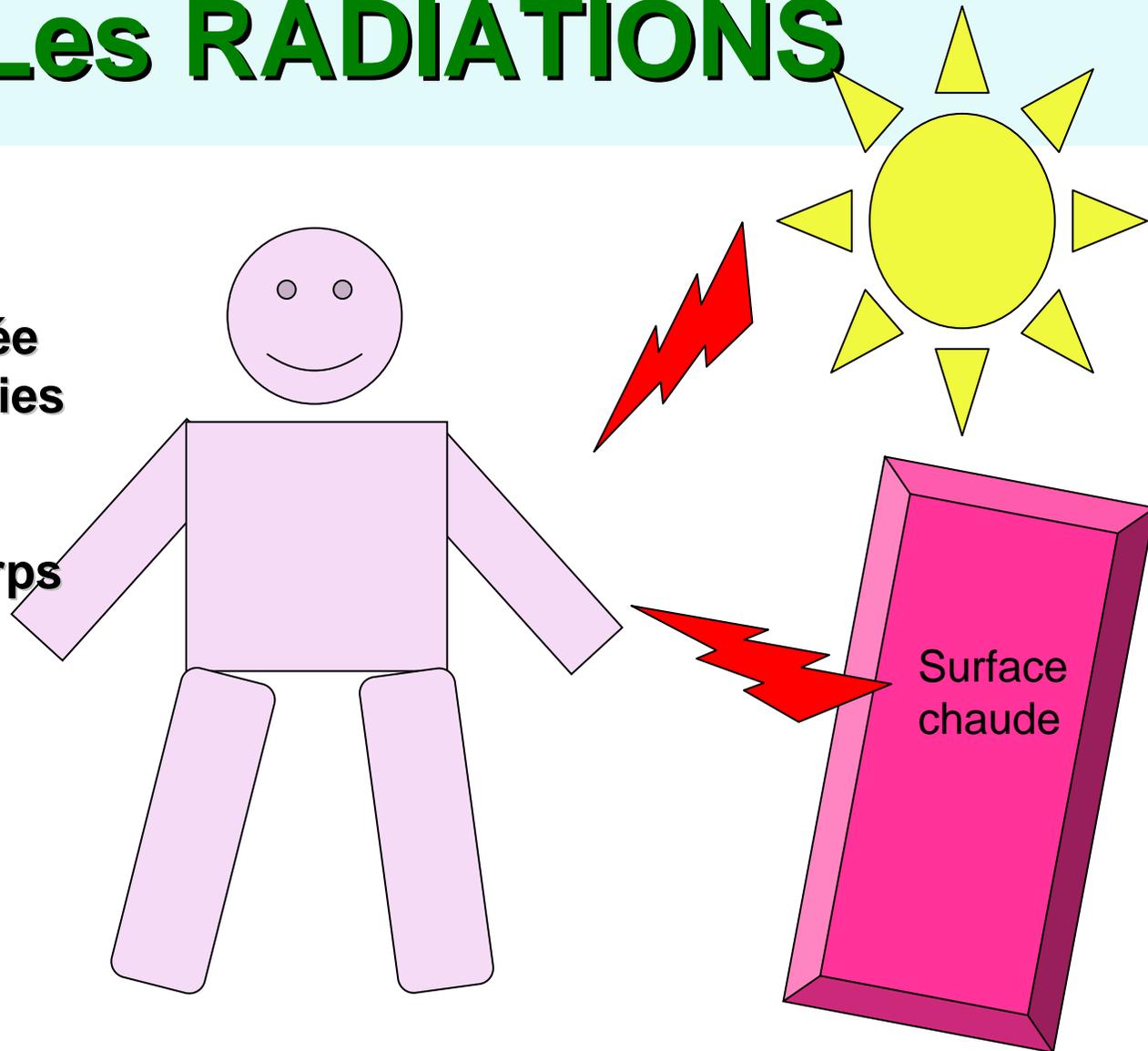
La perte calorique sera proportionnelle à l'importance des turbulences du fluide.

Une $T^{\circ}=4^{\circ}$ avec un vent de 60km/h est équivalent à une T° de -12°C

Le vêtement en créant une « couche tampon d'air ou autre fluide » en annulera les effets; sauf au niveau des ouvertures

Les RADIATIONS

La surface cutanée absorbe les calories émises par rayonnement (ou radiations) de corps chauds.



A CE STADE

La résultante des déperditions thermiques par **CONDUCTION + CONVECTION + RADIATION** est proportionnelle à la différence entre la T° cutanée et la T° extérieure.

Déperdition thermique tant que la T° cutanée est inférieure à la T° extérieure.

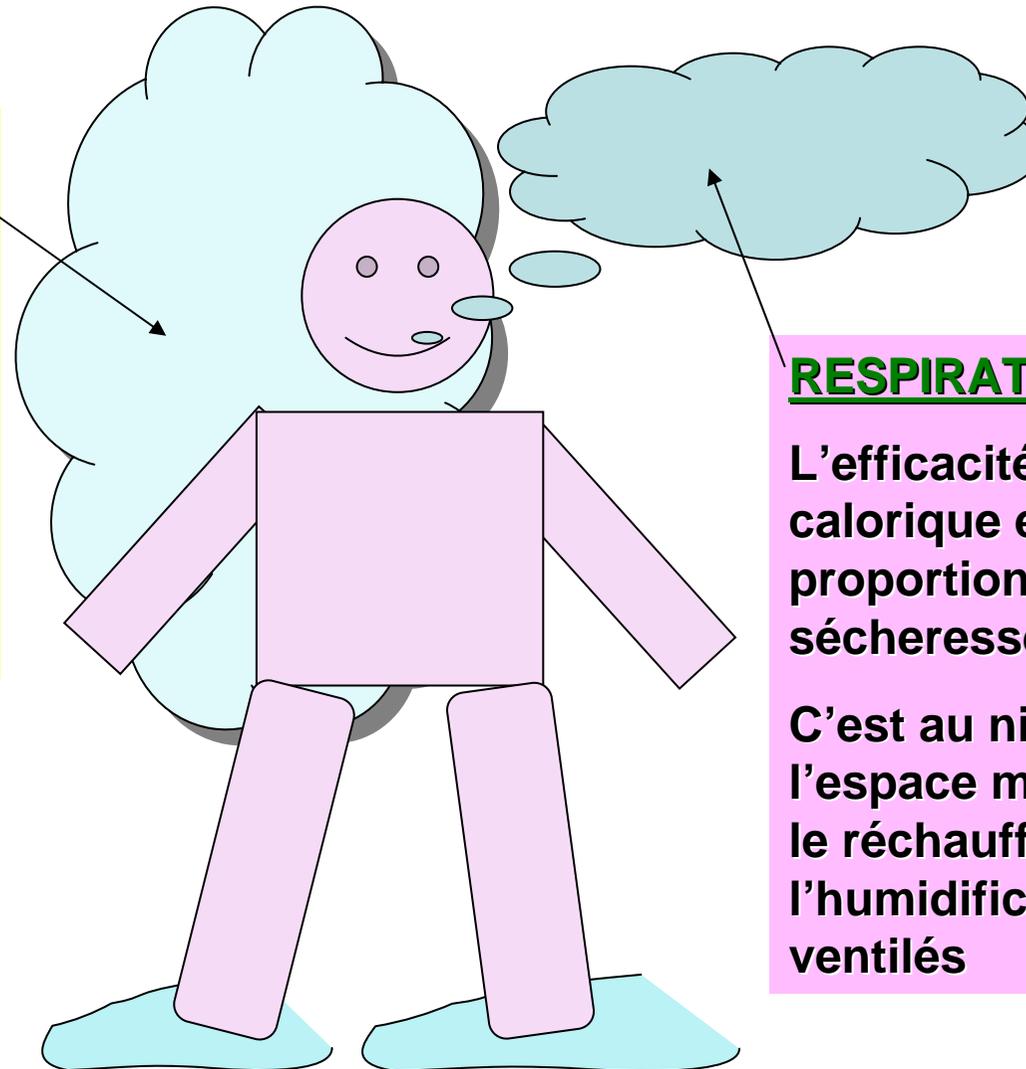
Sachant que la T° cutanée périphérique ne dépasse pas 30° à 35° , si la T° extérieure dépasse 35° arrêt de la déperdition thermique par les phénomènes de conduction, convection et radiation.

L'EVAPORATION :

Tout corps qui change d'état dégage de la chaleur

CUTANE :

La sudation dont l'efficacité sur la perte calorique est inversement proportionnelle au taux d'hygrométrie



RESPIRATOIRE:

L'efficacité sur la perte calorique est proportionnelle à la sécheresse de l'air.

C'est au niveau de l'espace mort que se fait le réchauffement et l'humidification des gaz ventilés

Maintenant nous comprenons que:

- **Quand la THERMOGENESE dépasse les capacités de THERMOLYSE : l'HYPERTHERMIE MENACE**
- **Que la T° ambiante n'est pas la cause de l'hyperthermie mais seulement un facteur favorisant.**
- **Si la T° ambiante dépasse 25°-30° les phénomènes de Conduction, Convection et Radiation deviennent inefficaces voire même s'inversent et apportent des calories à l'organisme.**
- **Le seul phénomène qui reste efficace est l'EVAPORATION (à condition hygrométrie < 100% et qu'il existe un flux d'air)**

Comment notre organisme s'adapte pour
augmenter ses capacités de THERMOLYSE ?

Par :

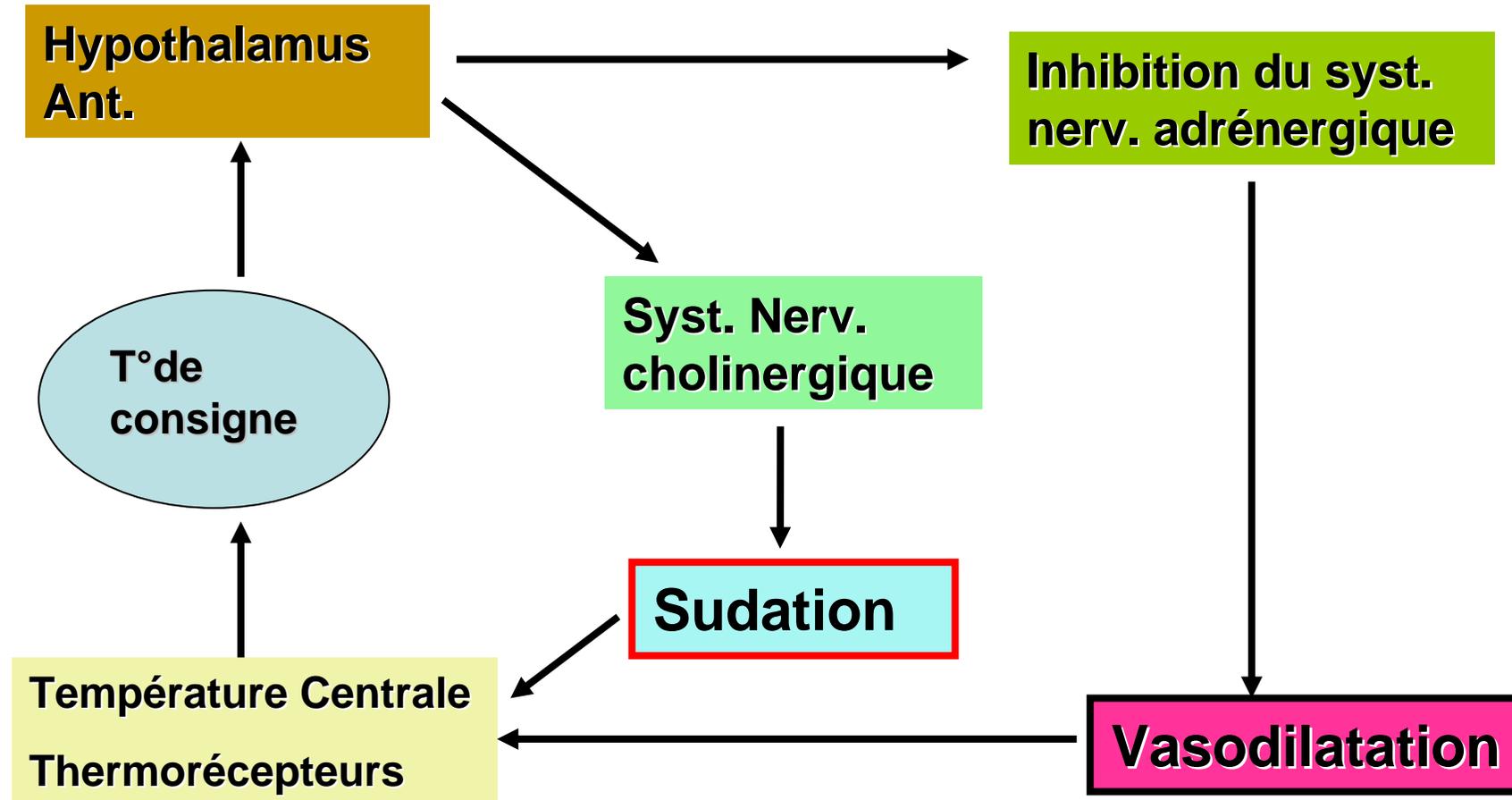
La Vasodilatation Artérielle Périphérique

et

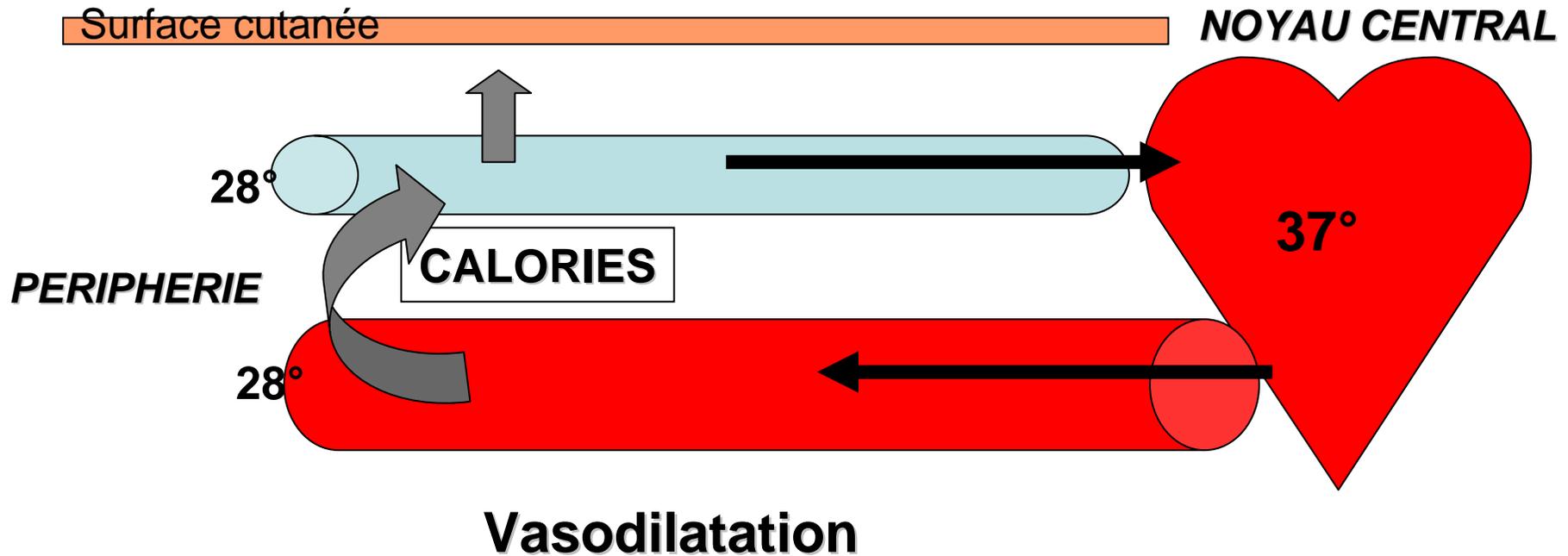
La Sudation

Un « chef d'orchestre »: **I'HYPOTHALAMUS**

La Thermorégulation physiologique



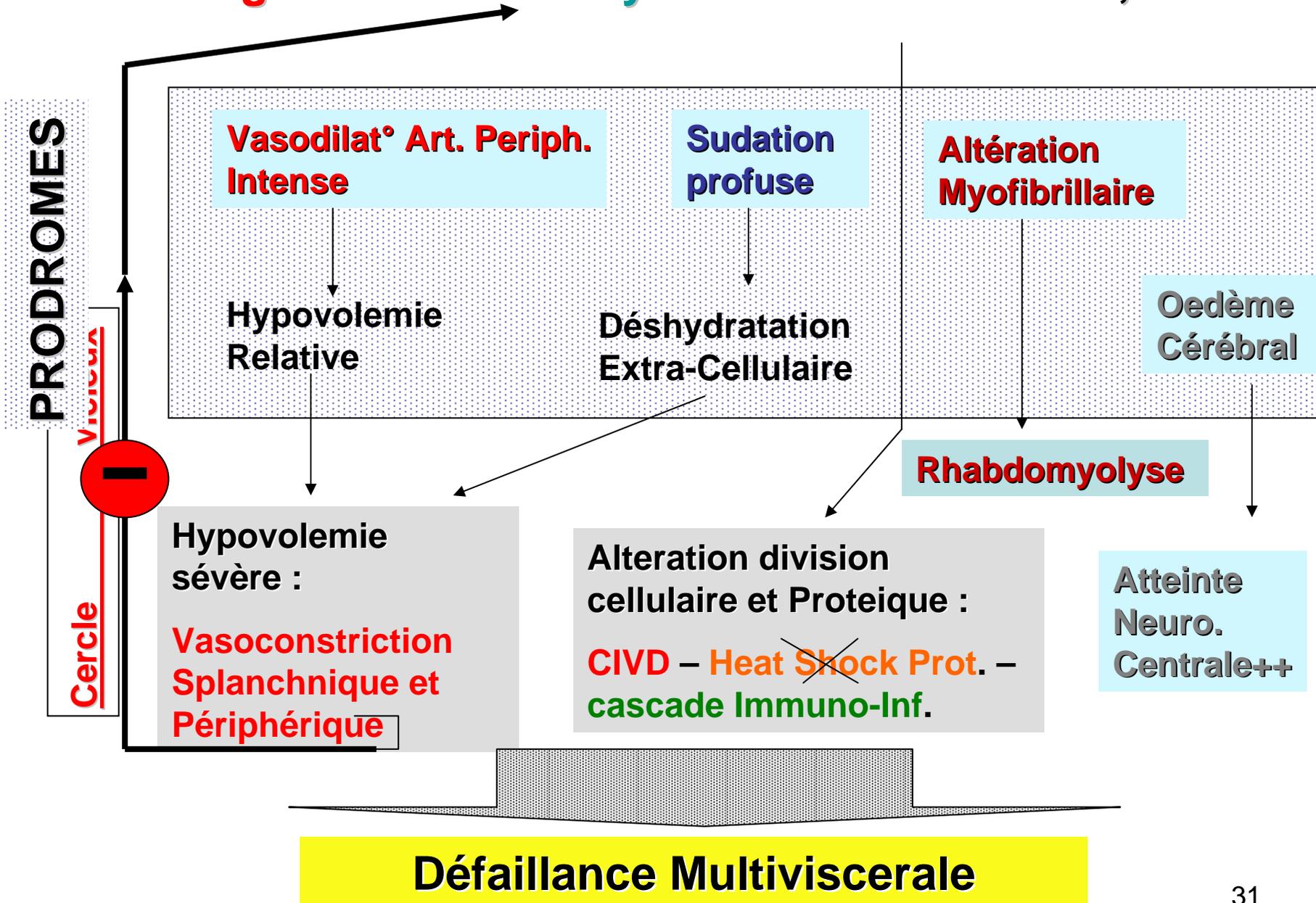
LA CONVECTION FORCEE PAR LE SANG et VASODILATATION.



Le taux de calories éliminé est proportionnel à l'augmentation du débit sanguin artériel cutané

Le processus physiopathologique de l'HYPERTHERMIE.

Thermogenèse > Thermolyse → T° centrale > 40,5°C



Clinique de la phase prodromique : « **L'heure d'Or** »

- *Hypovolemie + Déshydratation* : **Tachycardie**
- *Début d'œdème cérébral* : **Troubles du comportement**
- *Altération Myofibrillaire* : **Crampes musculaires**
- *Début de vasoconstrict° splanchnique* : **Troubles Digestifs**

A ce stade le simple REFROIDISSEMENT de la victime suffit le plus souvent

Conditions de risques de survenue d'une hyperthermie pour un individu < 50 ans sans facteur de risque :

- $T^{\circ} > 25^{\circ}\text{C}$
- Hygrométrie $> 75\%$
- Travail $> 220 \text{ Watt/m}^2$

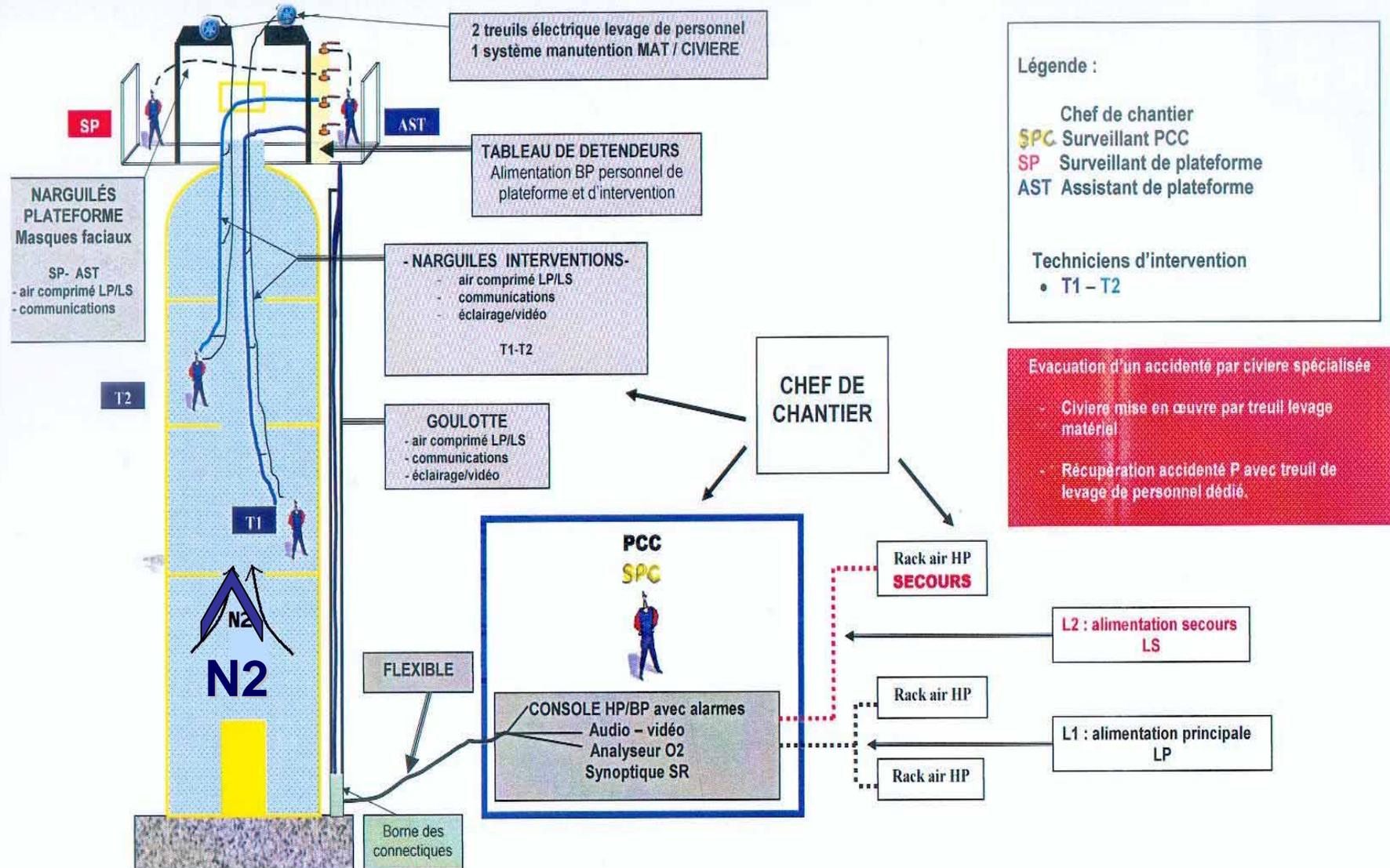
Facteurs de risques:

- Age > 50 ans
- Nb Médicaments : Neuroleptiques, antiepileptiques, Diuretiques, Bbloquant, AINS, AAS.....
- Risques cardio-vasculaires
 - Pathologie respiratoire
 - Dysfonction Thyroïdienne
 - Alcool
- Simple fébricule.....etc

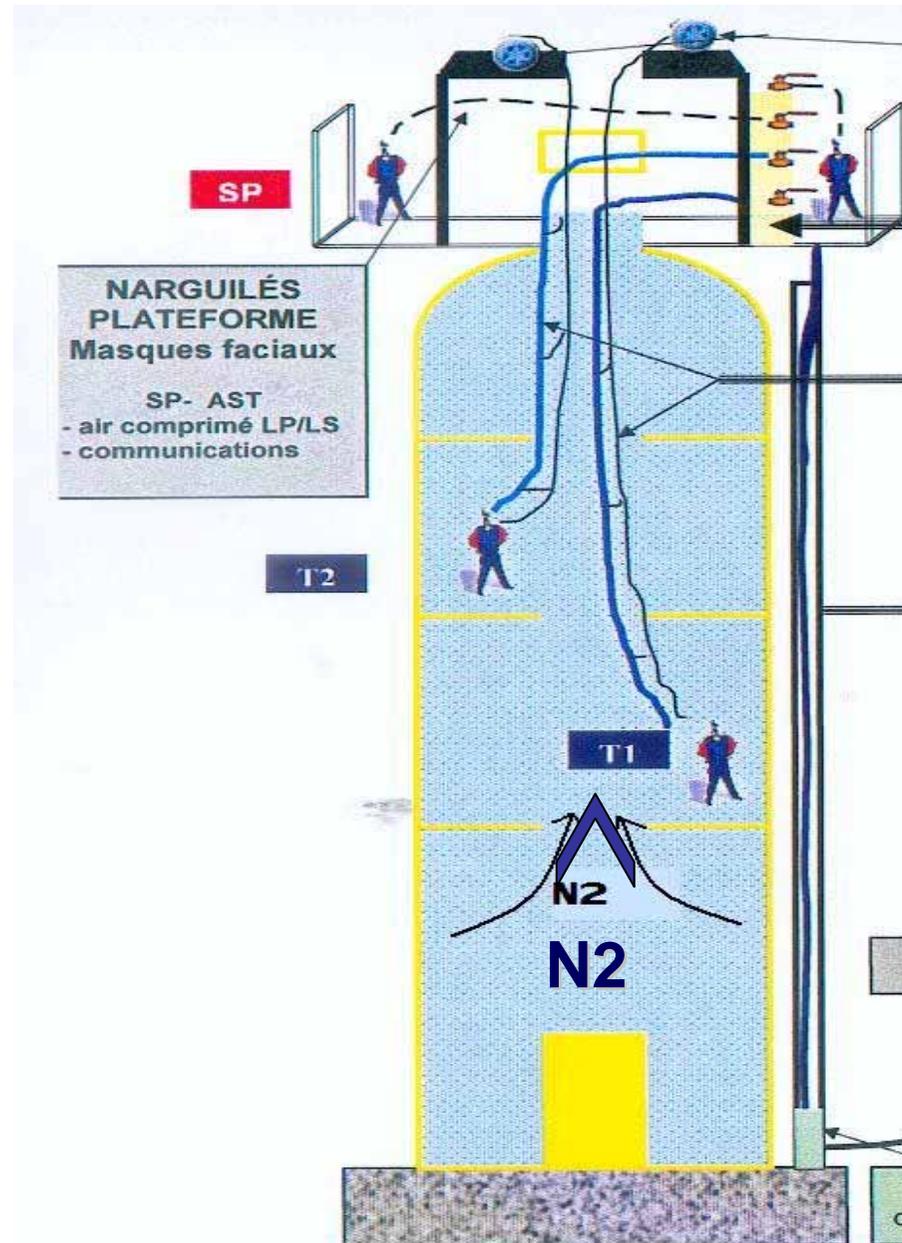
Le poste de travail = Tour catalytique de désulfuration

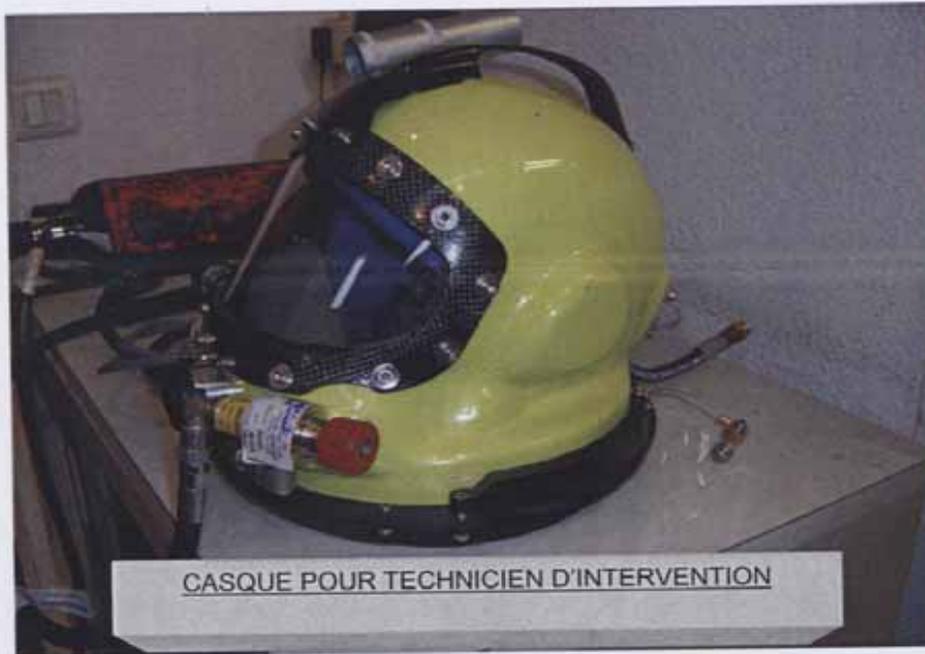


SITUATION OPERATIONNELLE ET POSITIONNEMENT DES MEMBRES DE L'EQUIPE D'INTERVENTION



SIMULATEUR SR - DA 112





CASQUE POUR TECHNICIEN D'INTERVENTION



MASQUE FACIAL
SURVEILLANT DE PLATEFORME ET ASSISTANT

Technicien d'intervention
en entraînement dans le simulateur
SR-DA 112



Conditions de travail

- **Atmosphère confinée.**
- **Température ambiante de 30°C à 39°C environ**
- **Flux d'air inexistant, du fait de l'équipement étanche**
- **Vêtement avec un indice que l'on peut estimer > 0.8 Clo**
- **Appareil respiratoire : augmentation espace mort respiratoire**
- *Hygrométrie > 75% ambient, mais 100% à l'intérieur de leur équipement*
- **Paroi du Catalyseur > 40°C**
- **Sujet le plus souvent non acclimaté**
- **Pénibilité : correspond à un travail : > 250 W.m² surf. Corp.**
- **Temps d'exposition de 2H à 3H**

Que leur reste-t-il pour éviter une Hyperthermie Maligne ?

- **Conduction + Convection** = **Effet nul**, du fait d'une T° opérative supérieure à la T° cutanée et absence de flux d'air pour la convection.
- **Radiation** = **Gains caloriques** (paroi à + 40°C)
- **Sudation** : Existe, mais du fait de l'absence de flux d'air et combinaison étanche = absence d'évaporation donc **effet nul** .

Il ne leur reste donc que.....

La Ventilation

- **Le seul moyen pour ces hommes d'équilibrer thermogenèse et thermolyse**

Normes ISO Ambiance Chaude

Norme ISO 7243

WBGT

(Wet Bulbe Globe Temperature)

+

Norme ISO 7933

Sudation Requise (SWreq) et D.L.E

Wet Bulbe Globe Température

$$WBGT = 0,7 T_w + 0,2 T_g + 0,1 T_a$$

T_w = Température Humide

T_g = Température globe noir pour apprécier le rayonnement (radiation paroi)

T_a = Température air sec

WBGT de la tour peut être apprécié aux alentours de 32°

HORS NORMES

Les valeurs de référence de l'indice WBGT du stress de la chaleur de l'ISO 7243 liées à une température rectale maximum de 38 ° C

Metabolic Rate classe	Taux métabolique, M		WBGT Valeur de référence			
	Relatif à une zone de peau unité de surface W/m-2	Total (pour une superficie moyenne à la surface de la peau de 1.8m2) W	Personne acclimatée à la chaleur ° C		Personne non acclimatée à la chaleur ° C	
0 (repos)	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < m \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < m \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Aucun mouvement d'air sensible	Sensible circulation aérienne	Aucun mouvement d'air sensible	Mouvement de l'air Sensible
			25	26	22	23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

Sudation Requisite (SWreq)

Critère	Personne non acclimatée à la chaleur		Personne acclimatée à la chaleur	
	Alarme	Danger	Alarme	Danger
Mouillure cutanée maximale, Wmax	0,85	0,85	1,0	1,0
Sudation maximale, SWmax				
au repos ($M < 65 \text{ W/m}^2$)	100	150	200	300
(W/m^2)	260	390	520	780
(g/h)				
au travail ($M > 65 \text{ W/m}^2$)	200	250	300	400
(W/m^2)	520	650	780	1040
(g/h)				
Stockage de chaleur maximal, Qmax	50	60	50	60
(W.h/m ²)				
Perte hydrique maximale, Dmax	1000	1250	1500	2000
(W.h/m ²)	2600	3250	3900	5200
(g)				



Le vêtement étanche → 100% Hygrométrie : SWreq=probablement HORS NORME

Comment faire de ce Poste de Travail à Hauts Risques un Poste de Travail Sécurisé ?

FORMATION

+

**Amélioration de l'AMBIANCE
THERMIQUE**

FORMATION = SECURITE

Un stage de 2 semaines à l'INPP sur SIMULATEUR ou le stagiaire apprend :

Les Techniques du Poste de Travail :

- Remplissage et extraction du catalyseur
- Utilisation d'un harnais
- Confinement, Respiration avec casque-ombilical et utilisation bouteille-secours.
- Surveillance des intervenants sur plateforme et control-room

Les Risques du Poste de Travail et leur gestion:

- **Hyperthermie d'effort**
- **Asphyxie à l'Azote**
- **Brûlures**
- **Plaies et Traumatismes**
- **RCP et Défibrillateur**

**Ateliers avec mannequins.
Ateliers en conditions réelles avec
évacuation d'un blessé de la tour**

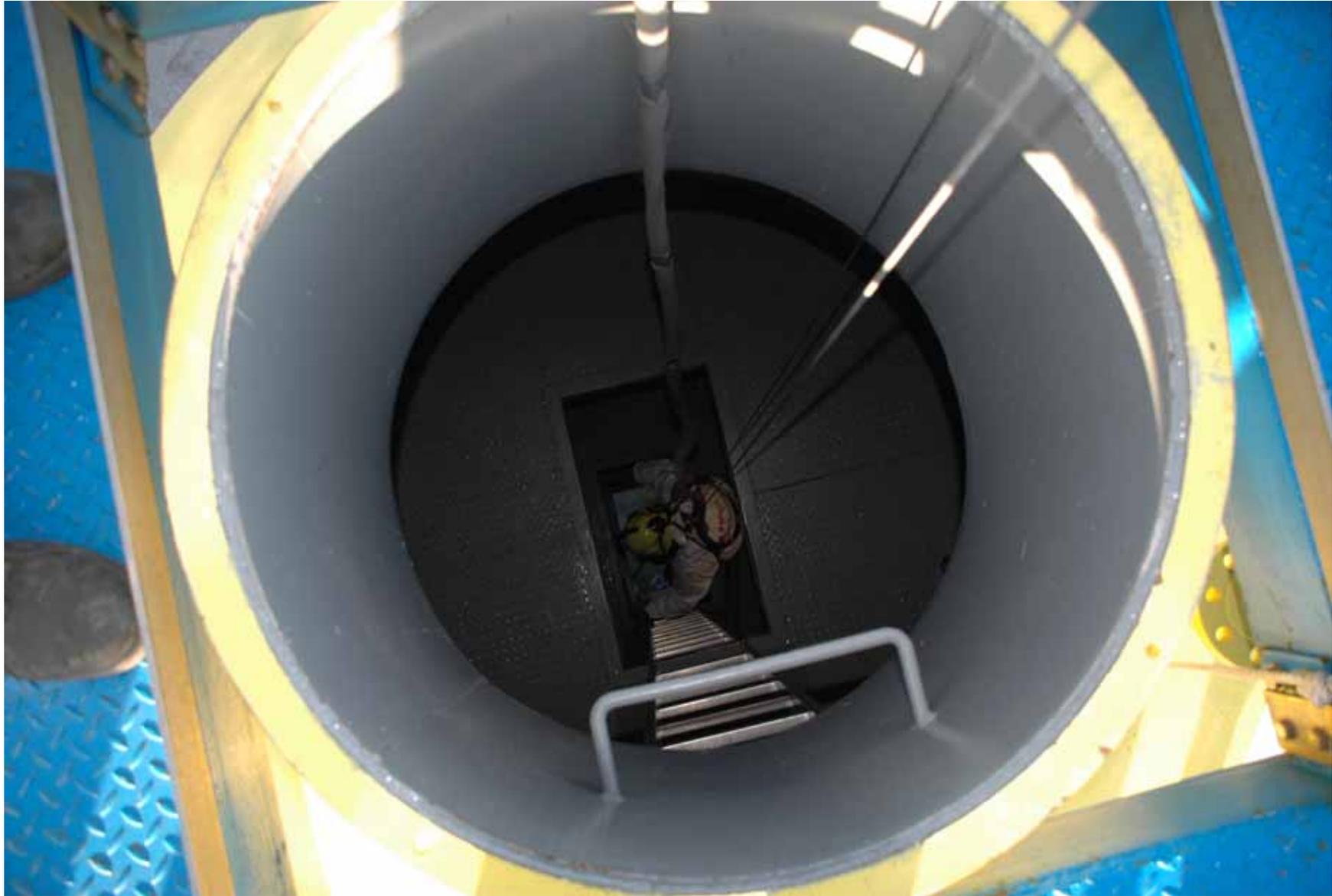
























Améliorer l'Ambiance Thermique

=

Améliorer la Thermolyse

1 seul mécanisme physiologique exploitable :

La VENTILATION

Comment ?

En refroidissant les gaz respiratoires

refroidir les gaz respiratoires

On refroidit :

- Soit simplement l'air comprimé qui alimente le plongeur.
- Soit alimenter le plongeur avec un mélange gazeux appelé **TRIMIX (N₂+O₂+He)** et profiter de la grande conductance thermique de **l'Hélium**.

Maintenant il faut évaluer, c.a.d établir la **Durée Limite d'Exposition (D.L.E)**

✓ Avec des **volontaires sains**.

✓ Sur **vélo ergométrique**

✓ A partir :

des **Fréquences Cardiaques** de **repos**, de **travail** et de **récupération**,

de la **VO2 Max**

de la prise de **T° buccale**

On établit les : **E.P.C.T** (extra-pulsations cardiaques thermiques)
exprimées en **bpm** .

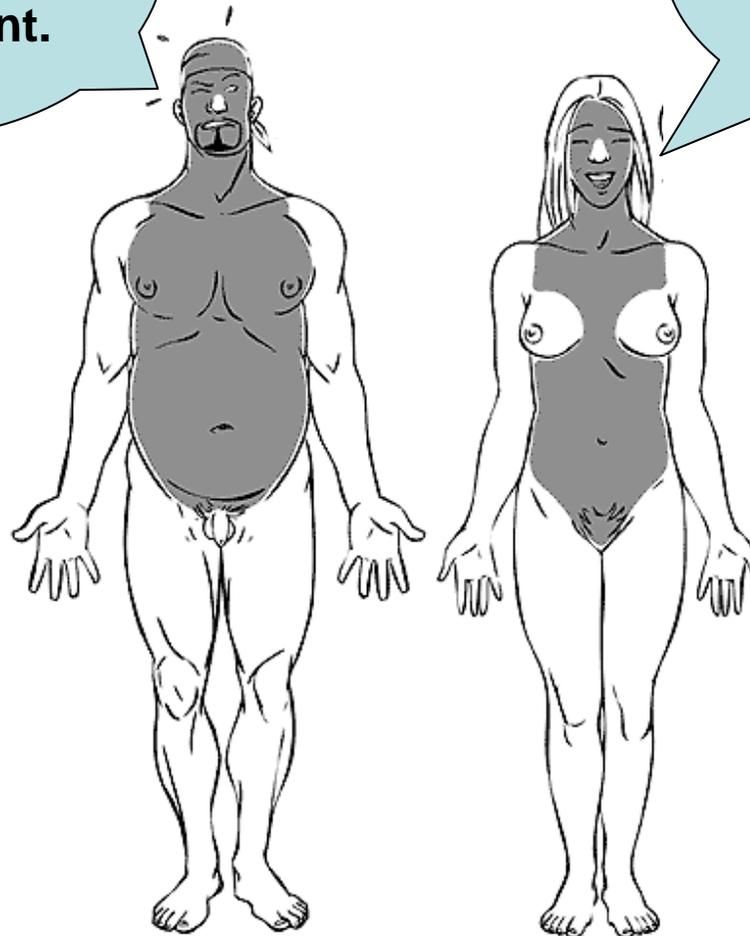
En moyenne pour un individu sain avec une $VO_{2max} = +/- 40 \text{ ml O}_2 / \text{Kg /mn}$ nous savons que pour un gain de 20bpm d'EPCT il y a une augmentation de 1°C de T° Centrale.

- **Puis établir la courbe des D.L.E, afin de ne pas dépasser 20 bpm d'EPCT, soit un gain de +1°C (ou 38° C) de T° Centrale.**
- **.....pour les soumettre au CHSCT et à la Médecine du Travail.**
- **Mais ceci est encore en projet.....**

Dans ce même chapitre de la THERMOREGULATION on pourrait maintenant parler d'**HYPOTHERMIE** mais on résumera cette question avec un **schéma un peu chaud**

!!!...C'est parce que le froid a un effet rétrécissant.

Mais oui..Bien sur !!



**MERCI DE VOTRE
ATTENTION**