

INTERPRÉTATION COURANTE DES TRACÉS DE CARDIOFRÉQUENCEMÉTRIE . EVOLUTION ACTUELLE DU MATÉRIEL EN SANTÉ-TRAVAIL



Dr Philippe MEUNIER
Médecin du Travail , Médecin du Sport
Ergonome

*Société de Médecine du Travail de
la Région PACA*

26 janvier 2010



Du même auteur:

« Cardiofréquencemétrie pratique en milieu de travail »



paru en novembre 2009

Editions DOCIS ,

6, rue de la Rosière 75015 PARIS

www.editions-docis.com

- Objectifs

- Matériels et méthode

- Pratique de la CFM en 2009:matériel à disposition
- Méthode des coûts cardiaques
- Facteurs de précision de la méthode

- Les 3 niveaux d'analyse du tracé:

- Niveau 1 :analyse de la FC
- Niveau2: analyse du Cout Cardiaque
- Niveau 3:synthèse des critères et classification du profil du poste

- Conclusions

OBJECTIFS EN SANTE TRAVAIL



- *charge physique et/ou thermique*
- *en terme de FC et de coût cardiaque,*
- *postes représentatifs de l'activité*

- *Mettre en évidence les tâches les plus pénibles*
- *solutions ciblées d'allègement de la charge*

- *Objectifs ergonomiques*
- *Connaissance de l'astreinte cardiaque d'un salarié en bonne santé: utile pour démarche de reclassement ou aménagement d'une reprise après accident cardiaque*

OBJECTIFS EN SANTE TRAVAIL



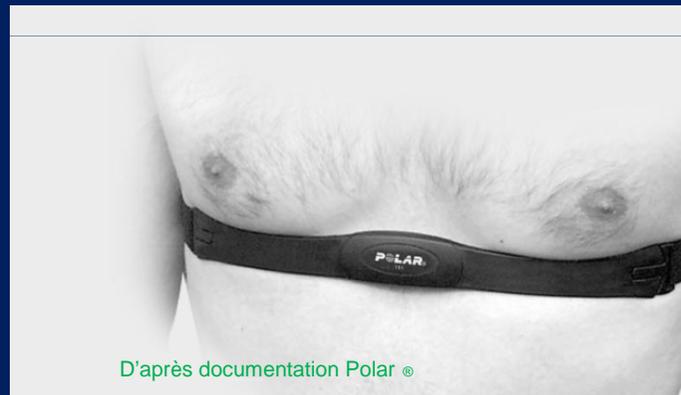
- *L'arrêté du 15 juin 1993, pris en application de l'article R4541-11 du Code du Travail (J.O. du 11 août 1993),*
- *recommandations que le médecin du travail doit observer en matière d'évaluation des risques et d'organisation des postes de travail en cas de recours à la manutention manuelle de charges.*
- *« le médecin du travail pourra procéder à un enregistrement de la fréquence cardiaque des salariés pour évaluer la pénibilité de leur poste de travail ».*

LE MATERIEL D'ENREGISTREMENT EN SANTE AU TRAVAIL

- ◎ 2 configurations actuelles du cardiofréquencemètre,
 - **1° Système ceinture -montre**
 - **2° système monobloc : ceinture enregistreur**

◎ **Systeme ceinture- montre**

- **émetteur** thoracique + 2 électrodes non adhésives
- ceinture thoracique légère
- tissu élastique de longueur réglable



- détection signal électrique, amplification et émission à un enregistreur (« montre »)

- **Un récepteur enregistreur** : montre microprocesseur
- FC affichée sur l'écran en temps réel



- le microprocesseur va enregistrer une FC moyenne sur un intervalle de temps à choisir
- Autour de l'écran de la montre sont disposés 5 boutons de commandes ayant chacun une ou plusieurs fonctions

○ **Système monobloc : ceinture enregistreur Polar Team²®**

- se présente comme l'émetteur précédemment décrit, et se porte autour du thorax de façon identique.
- Aucun bouton de commande et seulement un témoin lumineux .
- L'enregistrement démarre automatiquement à la pose de la ceinture par contact des électrodes avec la peau ;il peut être également programmé à l'avance.
- La durée d'enregistrement couvre plusieurs journées

○ **Système monobloc : ceinture enregistreur Suunto Memory Belt.®** en cours d'évaluation

Polar Team²®

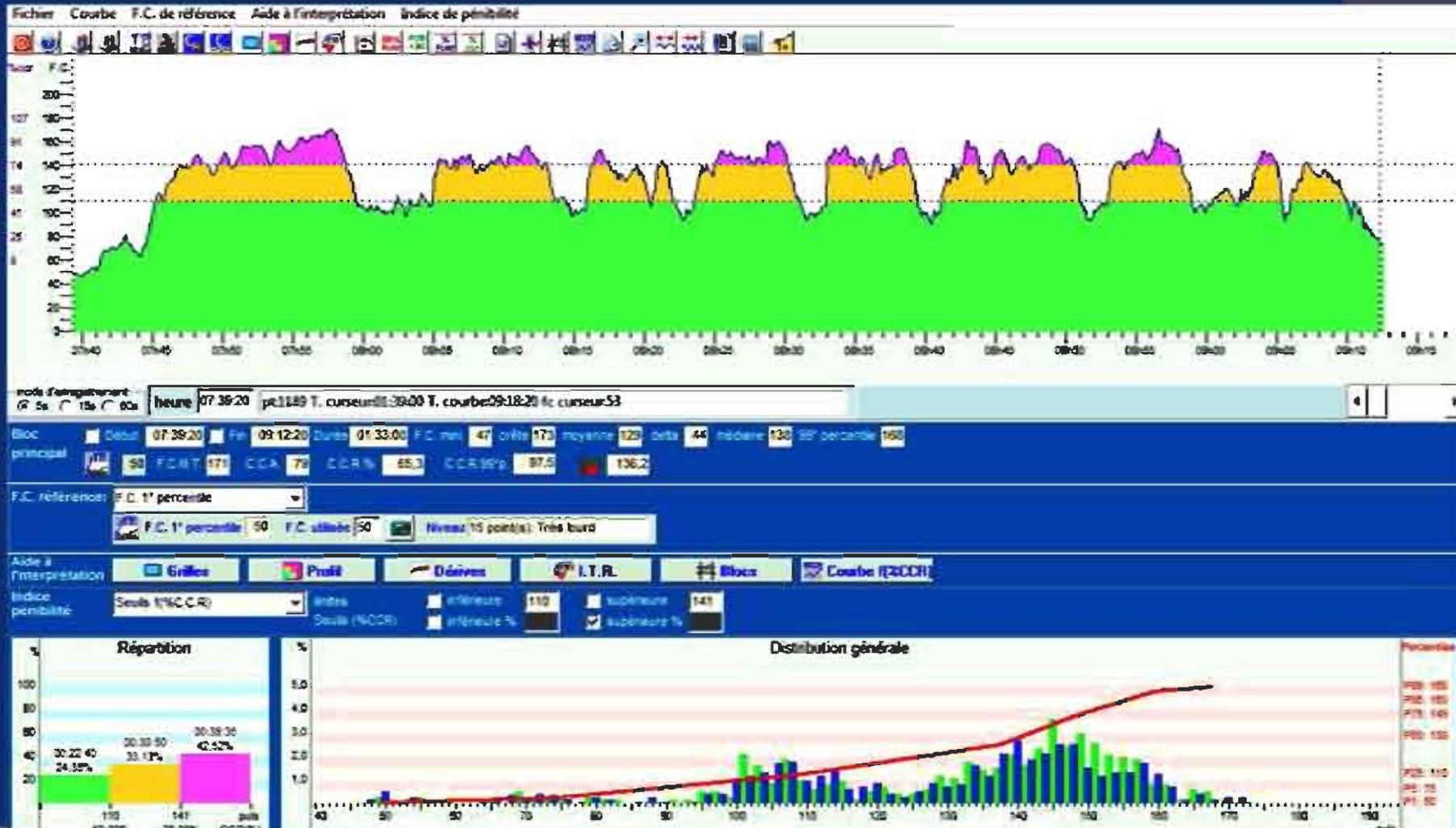
- Une unité pouvant contenir jusqu'à 10 émetteurs sert de recharge sur secteur des enregistreurs
- permet surtout le transfert de l'enregistrement sur le logiciel de cardiofréquencemétrie par système sans fil à l'aide d'une clé USB « bluetooth ».



LOGICIEL D'EXPLOITATION DES DONNEES :

PROPULSE ERGO PLUS[®]

par Cardisport[®] Dijon



EVOLUTION DU MATERIEL

- ◎ PRECISION DU TRACE
- ◎ CAPACITE DE MÉMOIRE
- ◎ SECURITE (témoin d'enregistrement)
- ◎ ACCEPTABILITE (sportifs, salariés)
- ◎ LIMITATION DES ARTEFACTS
 - transmission codée
 - systèmes monoblocs
- ◎ COUTS
- ◎ SYSTEMES D'EXPLOITATION
 - logiciels spécifiques à la ST
- ◎ MULTIFONCTION
 - enregistreur dédié ergonomie-ST

Pratique de la CFM en milieu de travail



○ 1^{ère} étape

- ✦ mesure et de l'enregistrement en continu de la FC au cours du travail,
- ✦ à l'exclusion du tracé ECG

○ 2^{ème} étape

- ✦ transfert informatique de l'enregistrement
- ✦ déterminer, comme dans toute métrologie,
 - la **valeur moyenne**
 - et la **valeur crête** des FC .

Définition pratique de la CFM



○ 3^{ème} étape

- ✦ étalonner ces valeurs de FC par rapport aux **caractéristiques du sujet**
(FC₀ , FCMT)

- ✦ Afin de déterminer la **pénibilité** générée par le **POSTE**
- ✦ **indépendamment** du salarié occupant le poste.



Méthode des coûts cardiaques

COUTS CARDIAQUES

COUT CARDIAQUE ABSOLU

Différence entre FC au travail et FC de repos (FC de référence)

$$CCA = FC_w - FC_o$$

COUT CARDIAQUE RELATIF

Rapport (%) entre CCA moy et réserve cardiaque

$$CCR = \frac{FC_w - FC_o}{FC_{MT} - FC_o} \times 100$$

COUTS CARDIAQUES

Moyennés

- CCA moyen
- **CCR moyen**

de crête

- CCA crête (CCA 99)
- **CCR crête (CCR 99)**

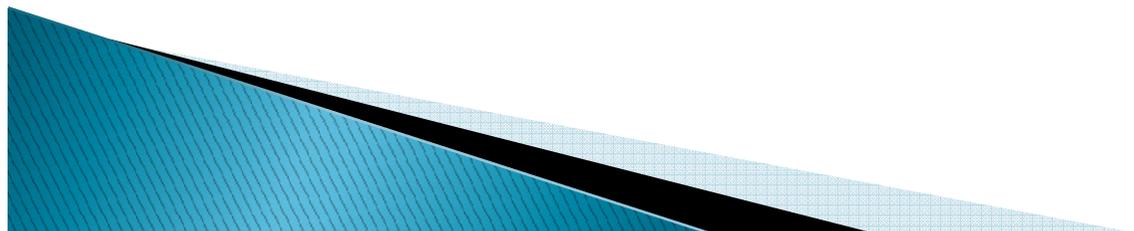
COÛT CARDIAQUE RELATIF



- Critère + précis que la seule FC pour :
 - quantifier l'effort
 - comparer différentes méthodes ,mode opératoires ou types d'organisation du travail,
 - chez plusieurs salariés
- Car tient compte:
 - **De la FCo de repos** du sujet, donc de sa condition physique, du sexe, de son état de stress, de la digestion etc..
 - **De la FC Maximale Théorique** : dépend de l' âge

PRECISION DE LA METHODE

- ▶ CHOIX DES POSTES
 - ▶ CHOIX DES SALARIES
- } PRE-ETUDE +++
- ▶ MESURE FC ENREGISTREE : matériel monobloc
 - ▶ TYPE DE DETERMINATION DE FC DE REFERENCE
 - ▶ MODE DE CALCUL DE FCMT
 - ▶ REPRODUCTIBILITE



FC de REFERENCE

- *Médiane de sommeil*
- *FC avant travail*
- *1er percentile de travail*

FC REFERENCE



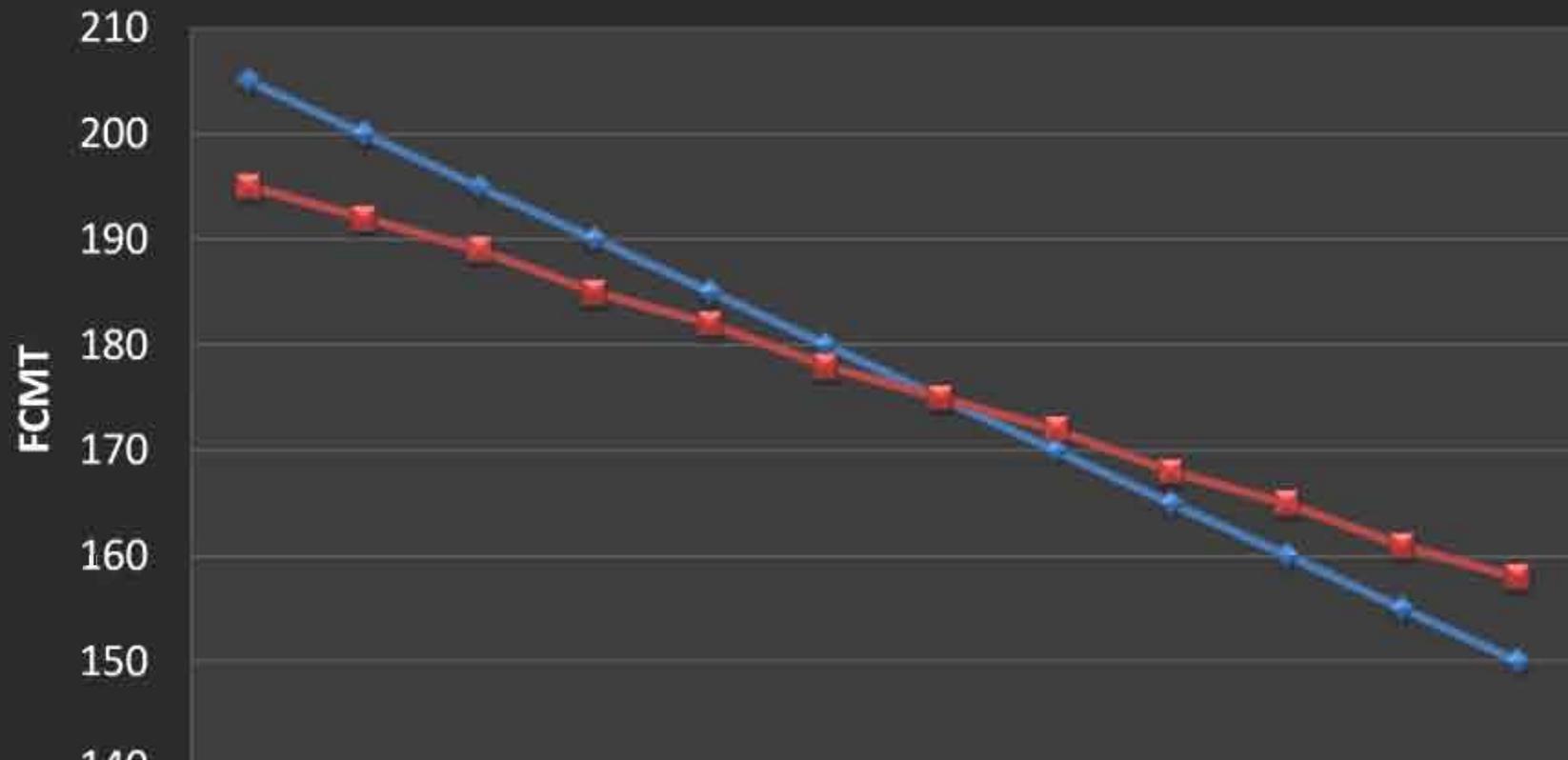
- PPT intégrant 5 mn repos assis avant W
- Utiliser la bonne référence avec la bonne grille ou valeur limite.
- Différence de 6 bpm entre : *(Meunier-Smolik 1993)*
 - médiane de sommeil :68.3 bpm
 - ppt :74.3bpm

EVALUATION de la FCMT



AUTEURS	CALCUL DE LA FCMT
Astrand (homme)	$220 - \hat{\text{âge}}$
Astrand (femme)	$226 - \hat{\text{âge}}$
Graves	$220 - (0,92 \times \hat{\text{âge}})$
Inbar	$205,8 - (0,685 \times \hat{\text{âge}})$
Miller	$217 - (0,85 \times \hat{\text{âge}})$
Robergs	$208,754 - (0,734 \times \hat{\text{âge}})$
Tanaka	$208 - (0,7 \times \hat{\text{âge}})$

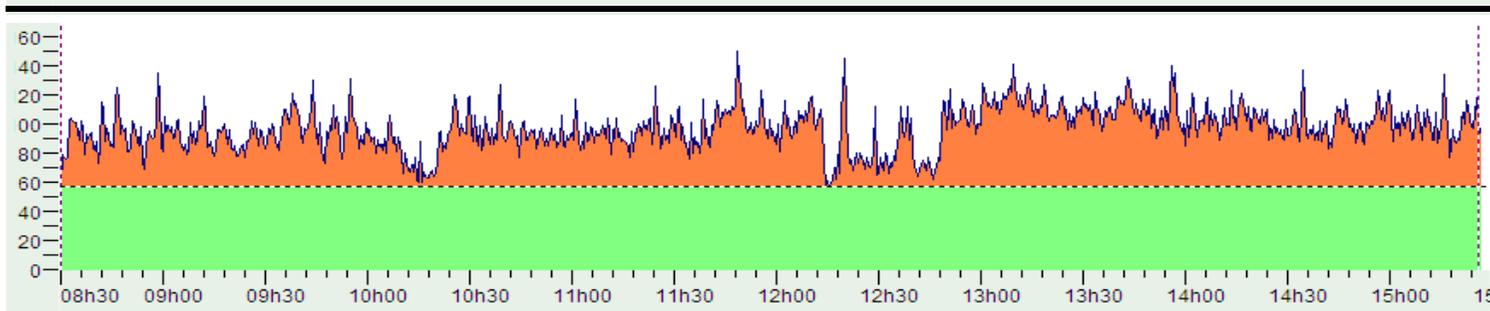
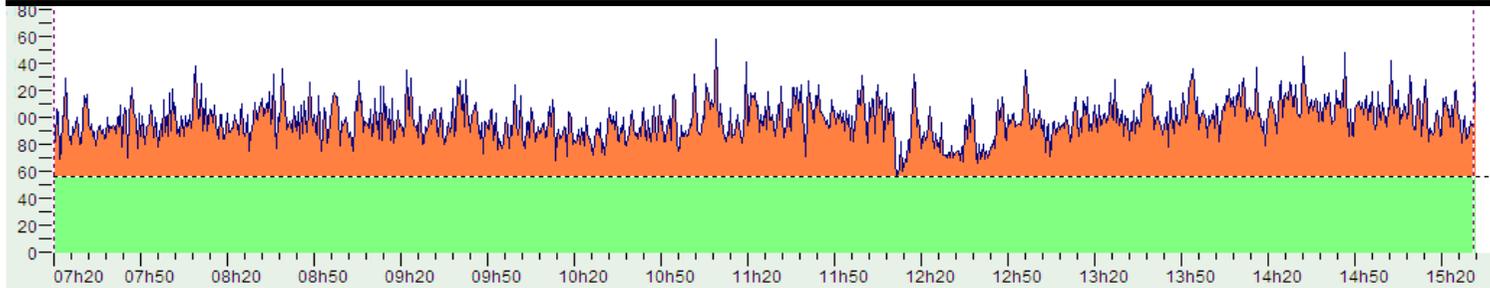
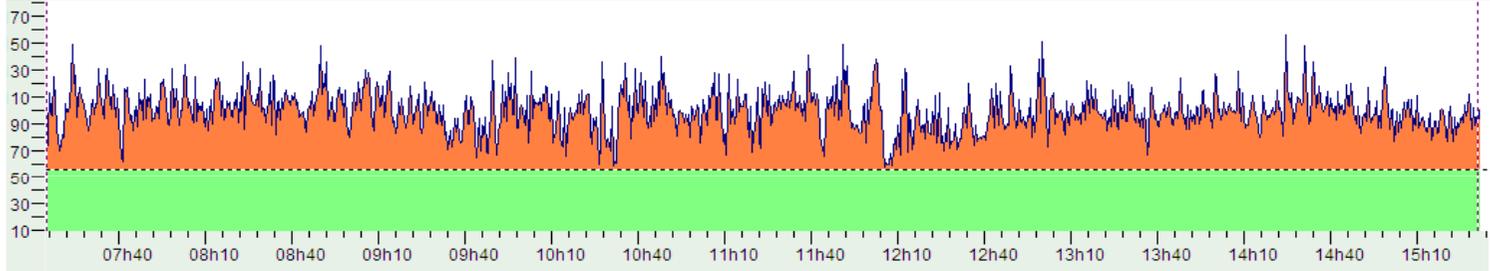
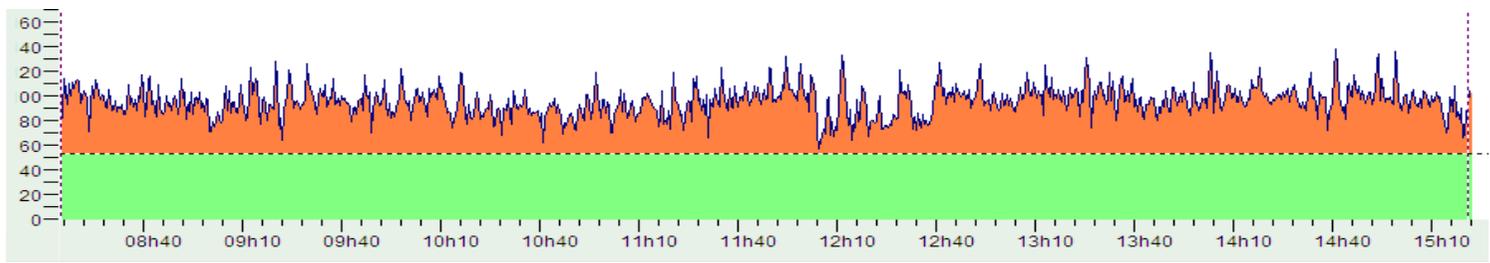
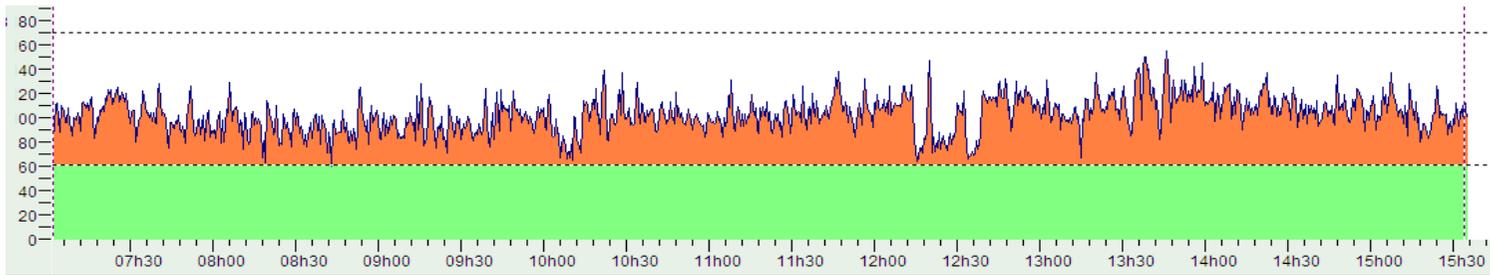
FC MAX THEORIQUE SELON L'AGE: calcul formule INBAR vs ASTRAND



	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
◆ FMT Astrand	205	200	195	190	185	180	175	170	165	160	155	150
■ FMT Inbar	195	192	189	185	182	178	175	172	168	165	161	158

REPRODUCTIBILITE

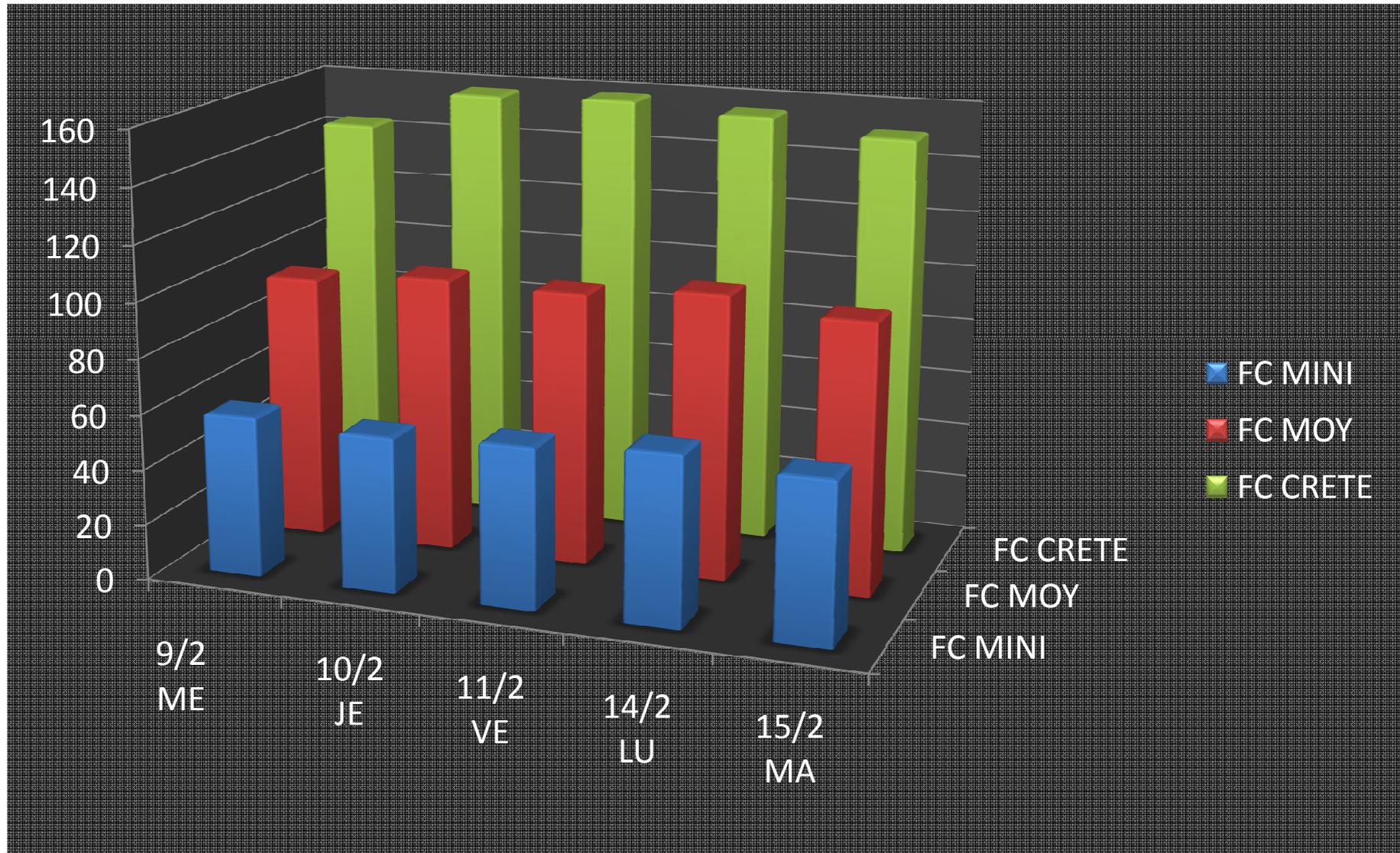
**EXEMPLE: ENREGISTREMENT D'UN MÊME SALARIÉ
(MANUTENTION LABO PHARMACEUTIQUE)
SUR PLUSIEURS JOURS DE LA SEMAINE**



REPRODUCTIBILITE

DATE		FC Mini	FC Moy	FC crête
9/2	ME	58	96	144
10/2	JE	56	100	158
11/2	VE	58	99	159
14/2	LU	61	103	156
15/2	MA	58	98	151

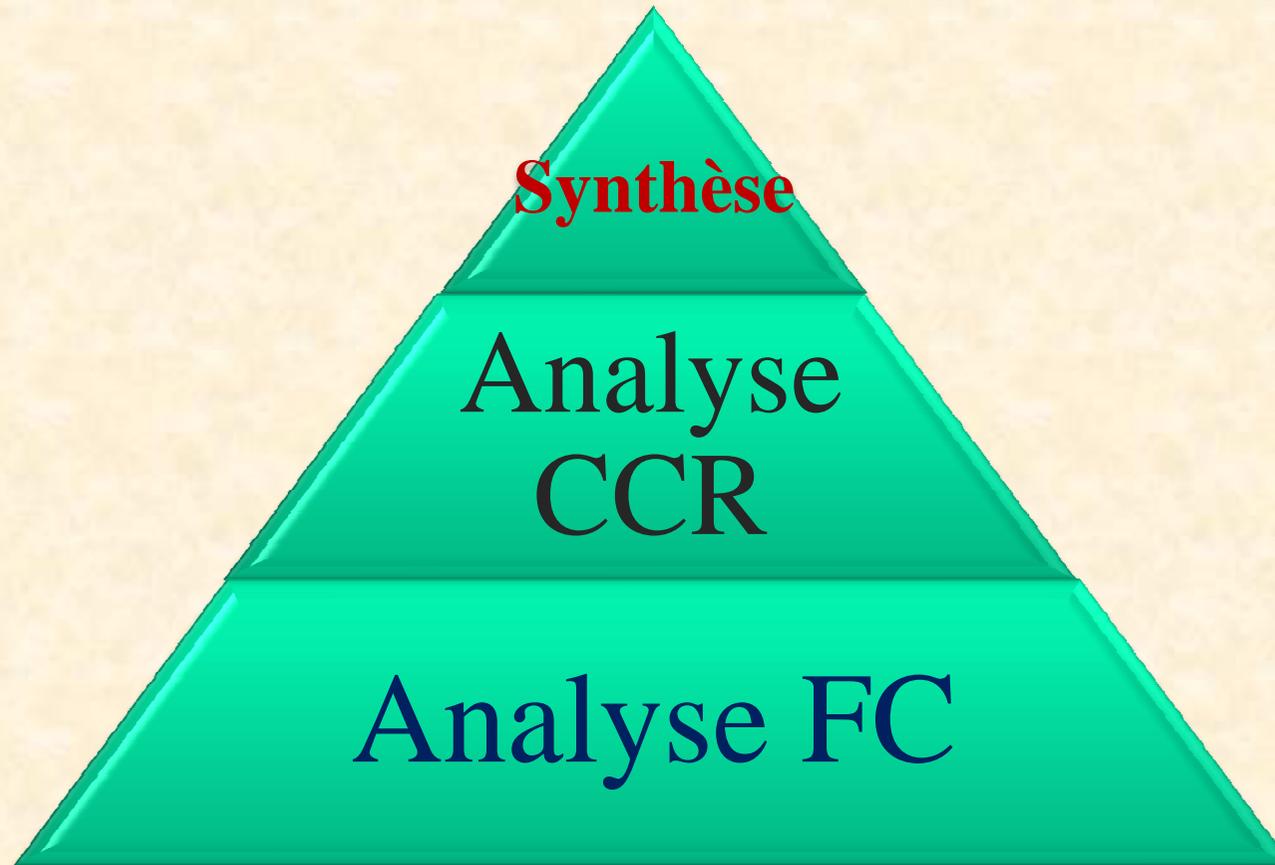
REPRODUCTIBILITE



REPRODUCTIBILITE

- Simplicité de la mesure
- Acceptabilité des salariés
- Mesure FC sur un poste significatif de l'activité habituelle de travail
 - A prévoir lors de la pré-étude
 - Sinon reproduire la mesure un autre jour
 - Possibilité de faire plusieurs journées par poste

3 NIVEAUX D'ANALYSE



Analyse FC

FC moyenne

FC crête

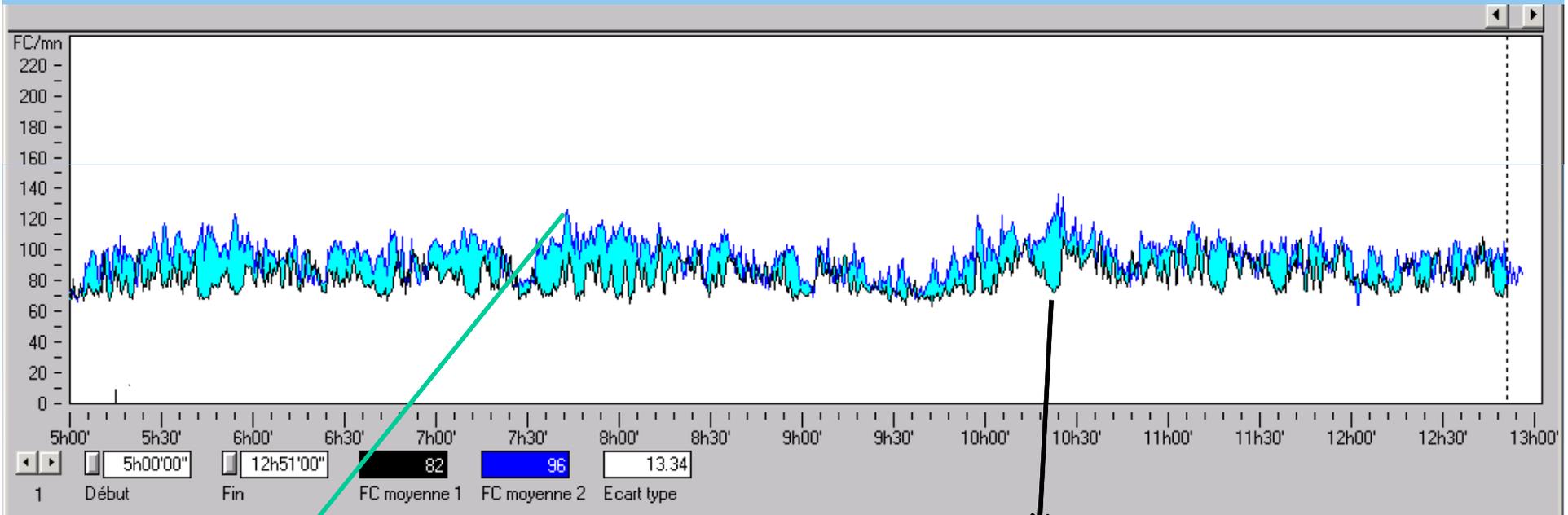
FC récupération

FC MOYENNE

- Valeurs limites de l'INRS
- Sur 7h mini
- Homme: **100 bpm**
- Femme: **105 bpm**
- Ecart-type+++

SUPERPOSITION DE TRACES : calcul du gain en coût cardiaque

Mise en place d'un convoyeur à rouleaux complémentaire en fin de chaîne d'embouteillage



Avant mise en place
du convoyeur
FCmoy = 96

Après mise en place
du convoyeur
Fcmoy = 82



FC CRETE

1) Valeurs limites de l'INRS

- Homme: **145 bpm**
- Femme: **145 bpm**
- Dépassement 5 mn maxi

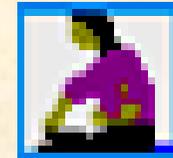
2) Valeurs limites OMS (reprise par Meyer/INRS)

- préconisées pour l'arrêt épreuve d'effort cardiologique
- à ne jamais dépasser en milieu de travail
- dépend de l'âge

FC RECUPERATION



Assis 5mn , ambiance thermique neutre



CRITERES DE BROUHA

CALCUL DES EPCT Extra Pulsations
Cardiaques Thermiques

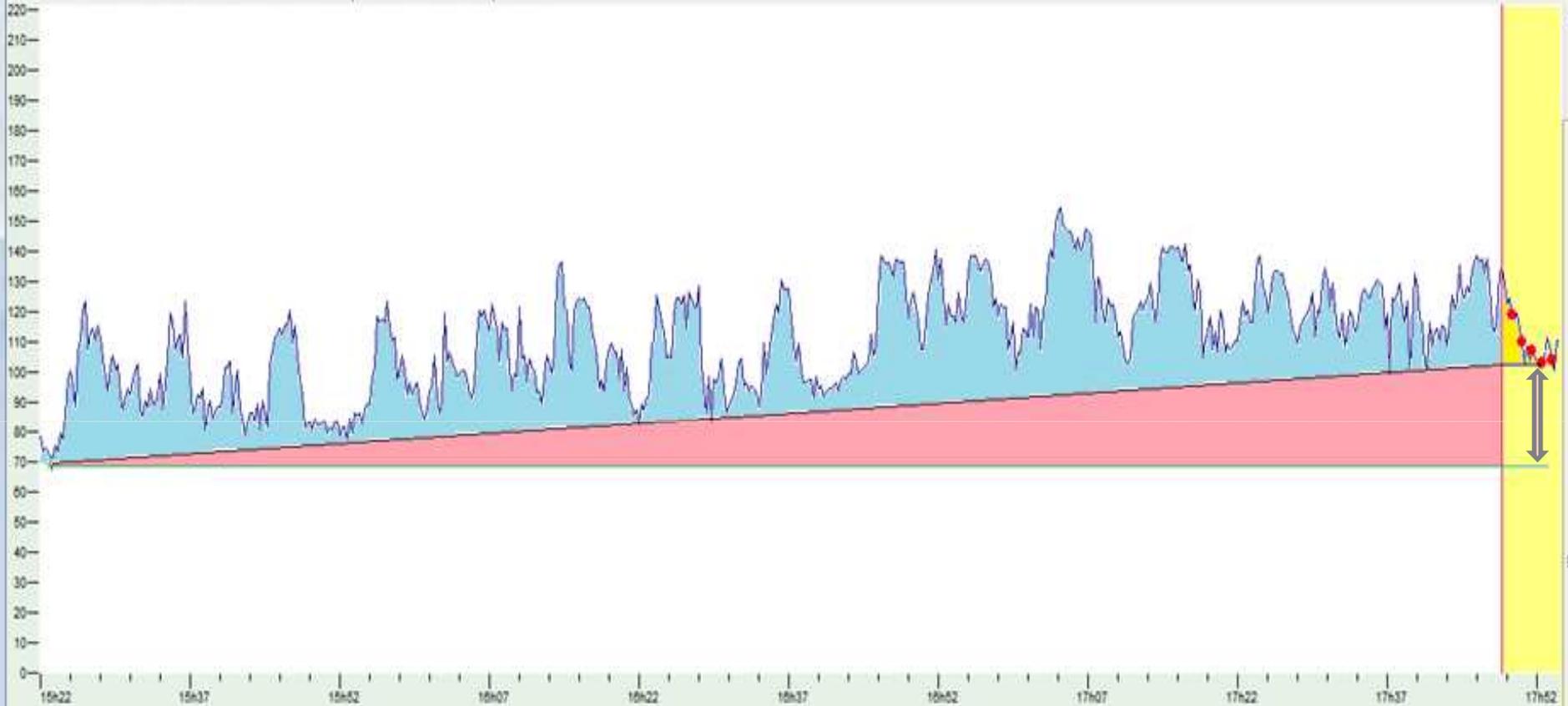
Poste ETUVISTE YAOURT



Poste ETUVISTE YAOURT

Pro.Pulses Ergo Plus : SALARIE02 ETUVISTE YAOURTS EXEMPLE2_16/07/1996

Fichier Courbe F.C. de référence Aide à l'interprétation Indice de pénibilité



mode d'enregistrement 5s 15s 60s heure 13:40:00 pt:1201 T. curseur:05:00:00 T. courbe:18:40:00 fc curseur:2 fc courbe:100

2 Indices de récupération Début 17:48:45 F.C. 135

	F.C. : écart
Début + 1 mn	F.C 1 mn 119 : 16
Début + 2 mn	F.C 2 mn 105 : 30
Début + 3 mn	F.C 3 mn 107 : 28
Début + 4 mn	F.C 4 mn 103 : 32
Début + 5 mn	F.C 5 mn 104 : 31

$$EPCT = FCR4 - FC_0 = 103 - 72 = 31 \text{ bpm}$$

Analyse CCR

CCR moyen

CCR crête

GRILLES

CCR MOYEN

- Rapport (%) entre CCA moy et réserve cardiaque

$$CCR \text{ moy} = \frac{F_{cmoy} - FC_0}{FCMT - FC_0} \times 100$$

- Valeur limite (Monod ,INRS,Rodgers) : **30%**

CCR de Crête

- Rapport (%) entre CCA crête et réserve cardiaque

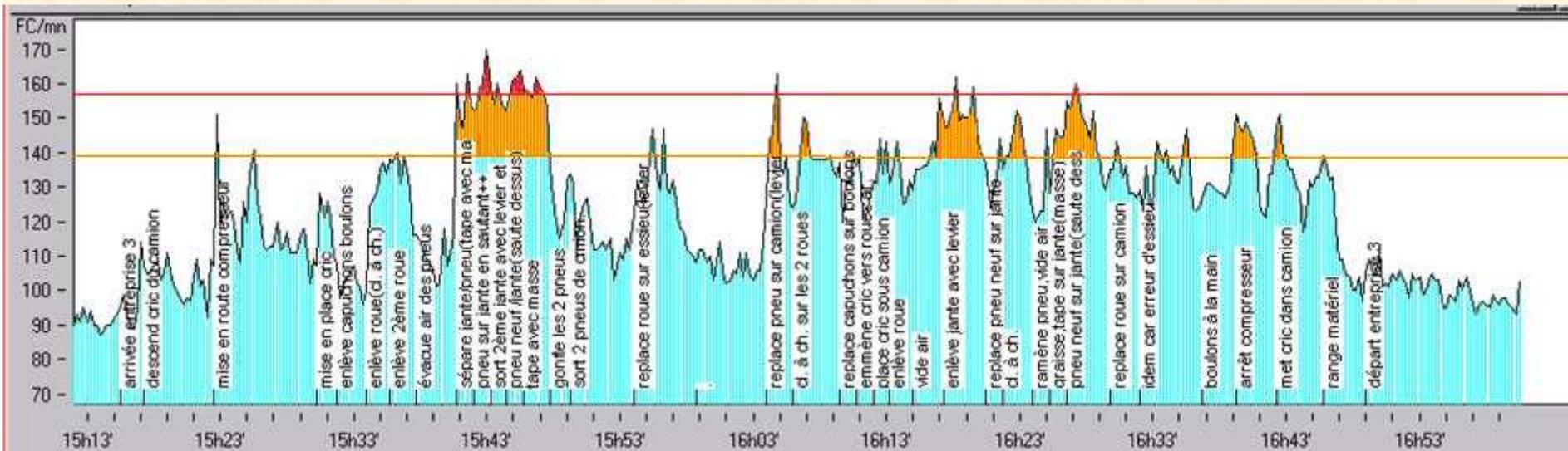
$$CCR \text{ crête} = \frac{FC \text{ crête} - FC_0}{(FCMT - FC_0)}$$

- Meunier propose de le calculer au 99ème percentile:

$$CCR 99 = \frac{FC 99 - FC_0}{(FCMT - FC_0)}$$

- Valeur limite Monod : **50%** sur 30mn
Hurba, INRS : **60%** sur 5 mn

SEQUENCE DE MONTAGE DE PNEUS POIDS LOURD EN MODE DEGRADE



LES GRILLES DE PENIBILITE

Grille de pénibilité Bourgogne Ergonomie

(à utiliser à partir de la référence
du 1^{er} Percentile de travail)

in « Astreinte cardiaque de travail : quelle grille
d'évaluation choisir ? »

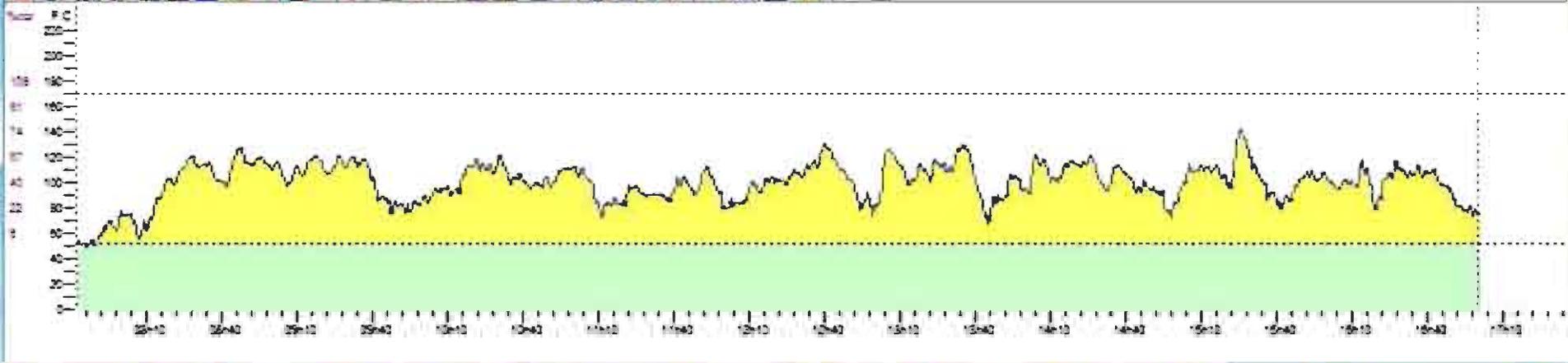
Cahiers de Médecine Interprofessionnelle

CAMIP ,1994-2,pp153-158

Auteurs : Meunier Ph., Smolik H.J., Knoché C.

<i>Indices</i> Cotation	<i>F.C. Moyenne</i> (bpm)	<i>99^{ème} Percentile</i> <i>de Travail</i> (bpm)	<i>Coût Cardiaque</i> <i>Relatif (%)</i>
5 points	120 et +	150 et +	40 et +
4 points	110 à 119	140 à 149	30 à 39
3 points	100 à 109	130 à 139	20 à 29
2 points	90 à 99	120 à 129	10 à 19
1 points	80 à 89	110 à 119	0 à 10

13 à 15 points	<i>TRES LOURD</i>
10 à 12 points	<i>LOURD</i>
7 à 9 points	<i>PLUTOT LOURD</i>
4 à 6 points	<i>MODERE</i>
1 à 3 points	<i>LEGER</i>



Bloc principal Début 07:42:30 Fin 17:00:00 Durée 09:17:30 F.C. mini 50 crête 143 moyenne 101 delta 42 médiane 103 99^e percentile 130
 JTE 54 F.C.M.T 170 C.C.A 47 C.C.R.% 40,5 C.C.R.99^ep 65,5 315,0

F.C. référence: F.C. 1^{er} percentile
 JTE F.C. 1^{er} percentile 54 F.C.

Aide à l'interprétation **Grilles** Profil

Calculs, grille de MEUNIER, SMOLIK, KNOCHE (f.c. de réf:54)

Cotation	F.C. moyenne (101)	99 PCT (130)	CCR (41%)
5	120 et +	150 et +	40 et +
4	110-119	140-149	30-39
3	100-109	130-139	20-29
2	90-99	120-129	10-19
1	80-89	110-119	0-9

Score total (11)	Niveau de pénibilité
13-15	Très lourd
10-12	Lourd
7-9	Plutôt lourd
4-6	Modéré
1-3	Léger

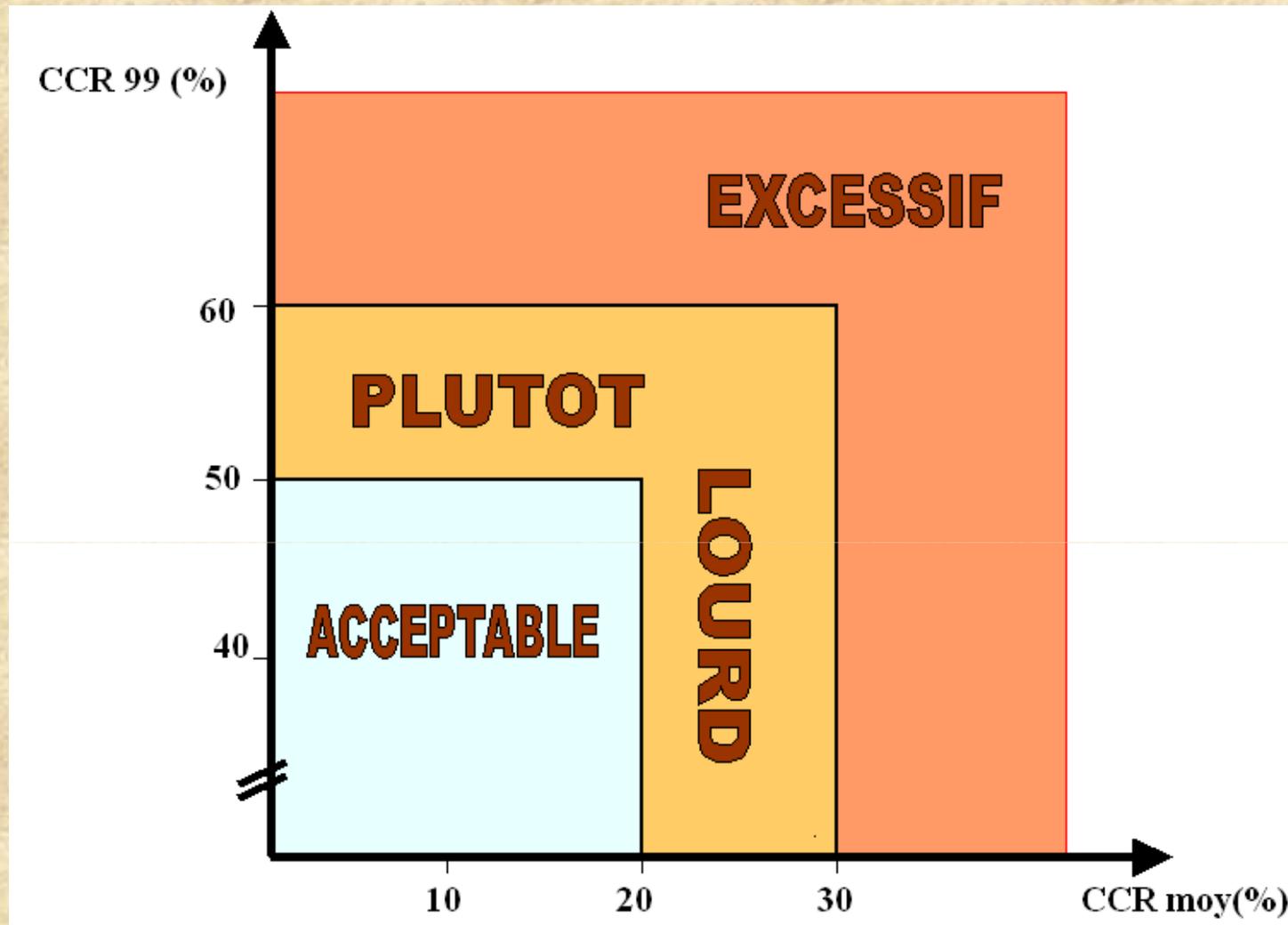
CRJ

Limites permises du travail physique(INRS)

D'après D.HRUBA, Ergonomica, 1975 , 8/1 ,8/10.

et Cahiers de Note Documentaires INRS ,n°91,2^{ème} tr.1978,pp293-306.

Valeurs limites		Fréquence cardiaque (batt/mn)	Coût cardiaque relatif (%VO2 max)	Consommation énergétique (kcal/mn)
HOMME	A long terme(8h)	100	30%	3,6
	A court terme(5mn)	145	60%	9
FEMME	A long terme(8h)	105	30%	2,2
	A court terme(5mn)	145	60%	5,5



**Abaque de pénibilité selon le coût cardiaque moyen
et le coût cardiaque de crête**

In MEUNIER P. Protocole pratique de mesurage et d'analyse cardiofréquencemétrique. Cahiers de Médecine Interprofessionnelle (CAMIP), 1997, 3, pp. 287-293.



synthèse



Classification du tracé

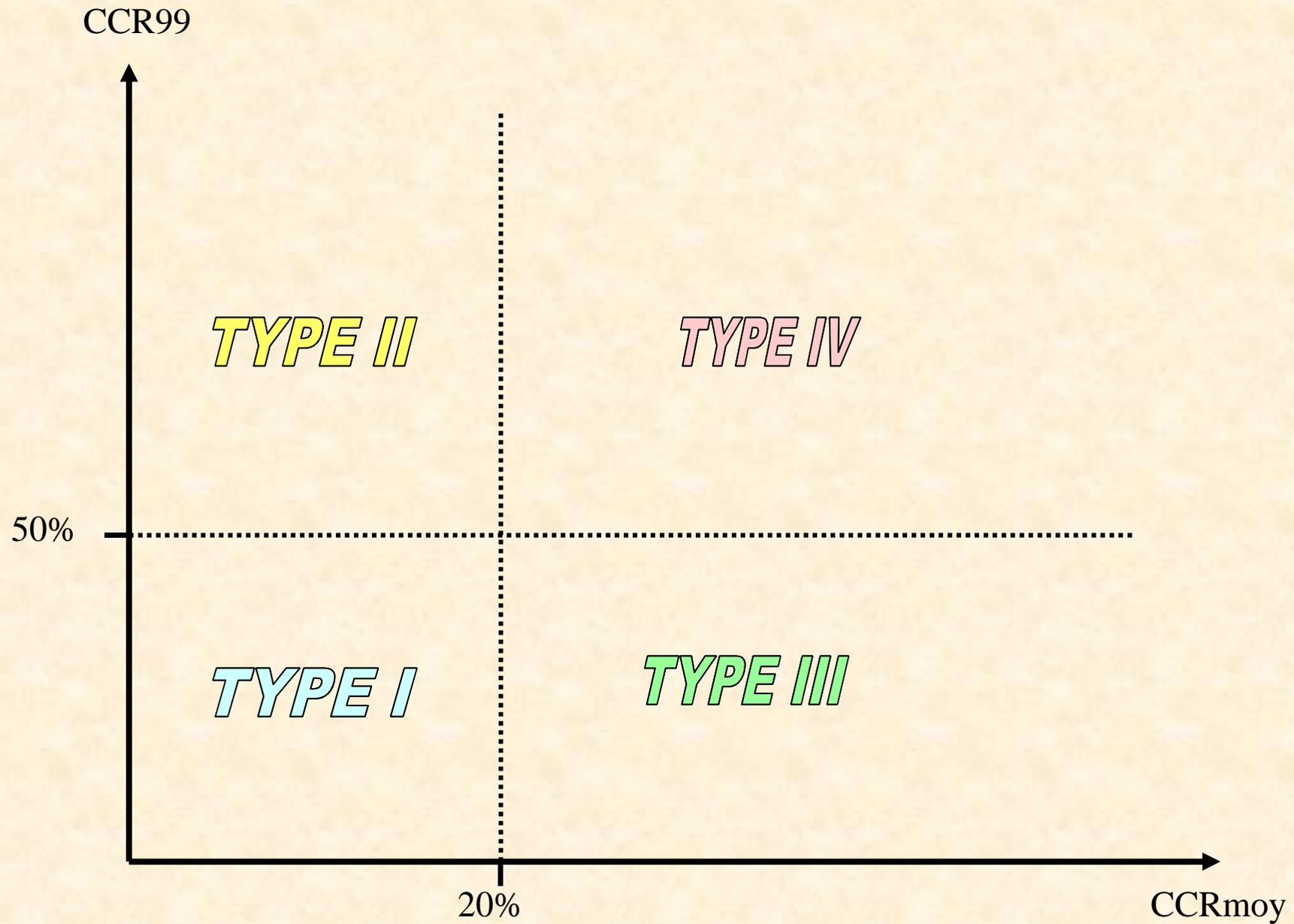


Hiérarchie des postes



Hiérarchie des tâches

Classification du tracé



D'après MEUNIER P. Protocole pratique de mesure et d'analyse cardiofréquencemétrique. Cahiers de Médecine Interprofessionnelle (CAMIP), 1997, 3, pp. 287-293.

<i>Tracés de Type I</i>	C.C.R. <20 C.C.R.99 <50 %	<u><i>Pénibilité acceptable</i></u>
<i>Tracés de Type II</i>	C.C.R. <20% C.C.R.99 >50%	<i>Pénibilité acceptable sur l'ensemble du poste, mais avec des <u>phases de travail de pénibilité importante</u>(excessive si C.C.R.99 >60%)</i>
<i>Tracés de Type III</i>	C.C.R. >20% C.C.R.99 <50%	<i>Activité soutenue sur l'ensemble du poste. <u>Pénibilité moyenne importante</u>(excessive si C.C.R. >30%)</i>
<i>Tracés de Type IV</i>	C.C.R. >20% C.C.R.99 >50%	<i>Pénibilité importante (excessive si C.C.R. >60%)</i>

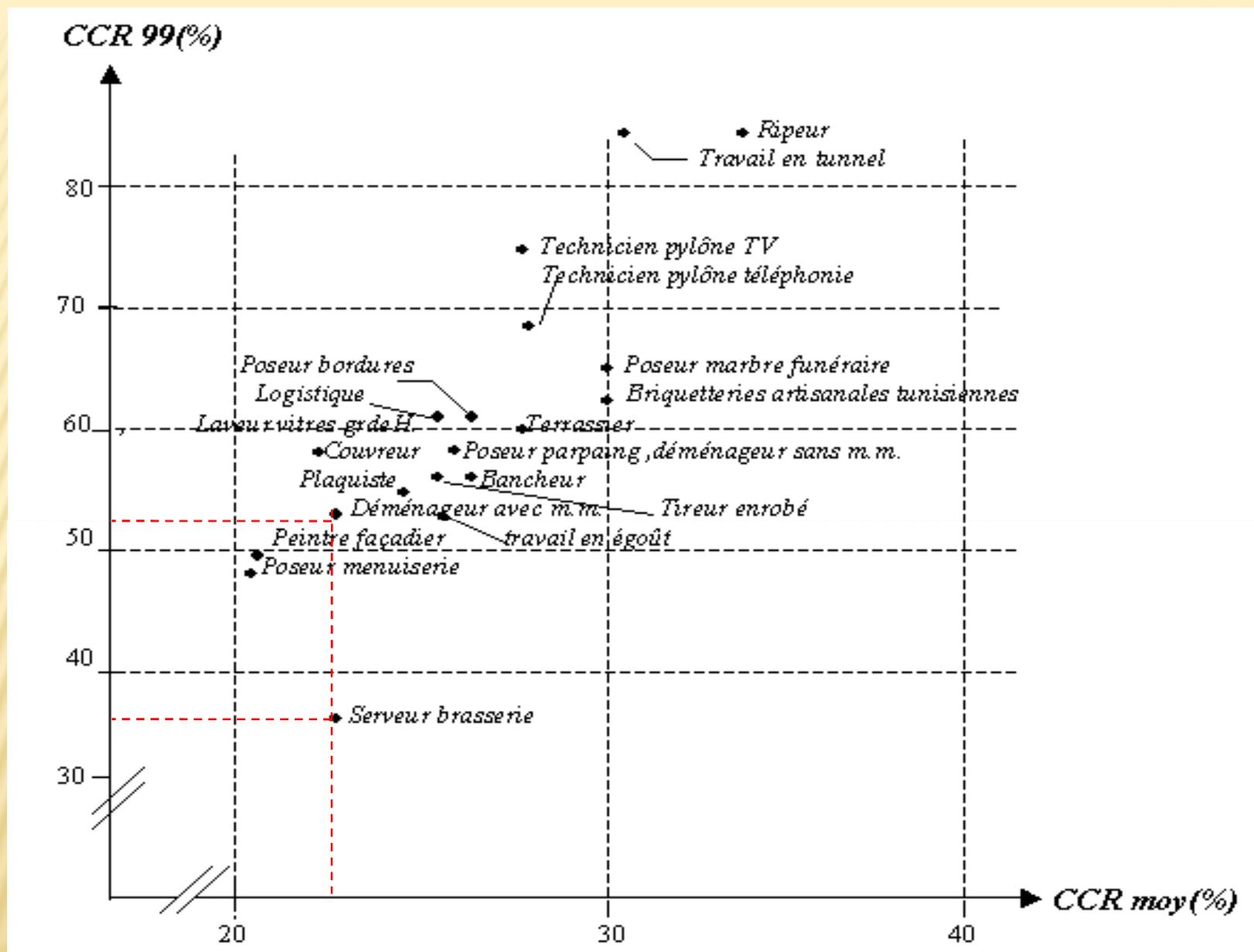
D'après MEUNIER P. Protocole pratique de mesure et d'analyse cardiofréquence-métrique. Cahiers de Médecine Interprofessionnelle (CAMIP), 1997, 3, pp. 287-293.

Classement des postes

- ✘ Revue de la littérature d'études CFM avec même protocole (FC ref = PPT)
- ✘ Professions très diverses
- ✘ Tableau de synthèse des résultats chiffrés publiés (voir p. suivante)
- ✘ Calcul pour chaque profession:
 - + du CCR moyen
 - + du CRR crête (CCR 99)
- ✘ Résultat: abaque de modélisation des profils de poste selon ces 2 axes moyens et crêtes

AUTEURS , ANNÉE	POSTE DE TRAVAIL	NB SUJETS	RÉSERVE CARDIAQUE		NIVEAU DE FC		CCR MOY.	CCR 99
			1 ^{er} PT	FMT	Moy.			
Serrano-Duchatelet Et coll.(67) 1995	Bancheur	66	68.6	179.9	97.9	133.3	26	58.1
	Poseur parpaings	43	68.7	182.1	96.7	130.8	25.1	54.8
	Couvreur	38	70.9	187.7	95.9	136.8	21.4	56.4
	Plaquiste	40	67.5	185.7	96.4	135.2	23.9	57.3
	Peintre façadier	43	68.4	186.9	92.4	127.3	20.3	49.7
	Poseur menuiserie	35	66.9	180.9	90	122	20.5	48.3
	Terrassier	47	67.2	177.8	97.4	132.9	27.2	59.4
	Tireur enrobé	36	66.6	172.8	92.9	128	24.7	57.8
Poseur bordures	31	67.7	180.2	97.1	135.5	26.1	60.3	
Matha et coll.(48) 1995	Travail en tunnel	2 (7enrgts)	80	187	112.3	170	30.5	84.1
	Laveur vitres en Grande hauteur	4 (6 enrgts)	75.6	187	102.5	143.6	24.7	61
Jeancolas B.(36) 199	Serveur brasserie	2 (3 enrgts)	97	200	119	139	22	36
Alcouffe et coll(1) 1996	Déménageur avec Monte-meuble	20	72.3	184	102.8	131.7	22	53.1
	Déménageur sans Monte-meuble	20	80.3	184	104.6	136.6	24.6	54.3

AUTEURS , ANNÉE	POSTE DE TRAVAIL	NB SUJETS	RÉSERVE CARDIAQUE		NIVEAU DE FC		CCR MOY.	CCR 99
			1 ^{er} PT	FMT	Moy.			
Ben Lellahom et coll(6) 1998	Briquetteries de Tunisie	56	71.6	183	104.7	139.7	29.7	61.1
Calmus et coll (12) 1997	Poseur marbre funéraire	3	71	176	101	140	29.2	65.4
Brehier,Dupery,Djemil (10) 1999	Ripeur en tri sélectif	2	71.5	188	113.5	169.5	36.1	84.1
Knoché,Meunier (41) 1998	Technicien TV Ascension pylône	8	73.2	184.4	n.c.	158	27	76
Borel et coll. (8) 2002	Travail en égout	6 (9enrgts)	81.1	183.3	105.7	n.c.	24.3	52.3
Borel ,Mageau,Mignot (9) 2007	Techn. Téléphonie Ascension pylone	27	n.c.	184.	n.c.	n.c.	27	69
Mièle (56) 2003	Logistique manutention	2	77.5	186.5	104	145.5	24.5	61



in MEUNIER P. *Pour une modélisation des profils cardiaques de poste.*

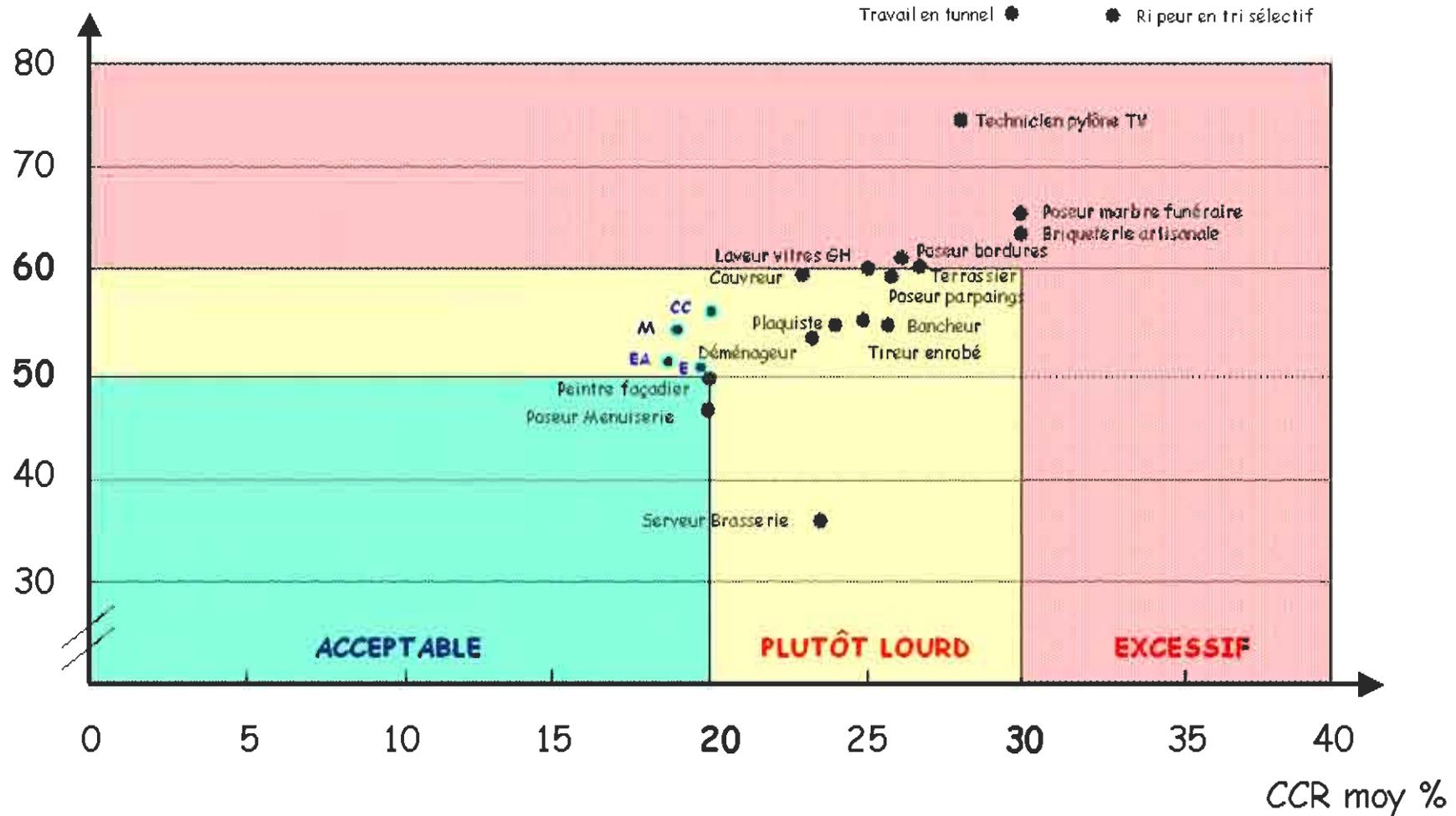
Cahiers de Médecine Interprofessionnelle (CAMIP), 2000, 4, pp. 409-416.



Modélisation des Profils Cardiaques de 18 professions (d'après Ph. MEUNIER)

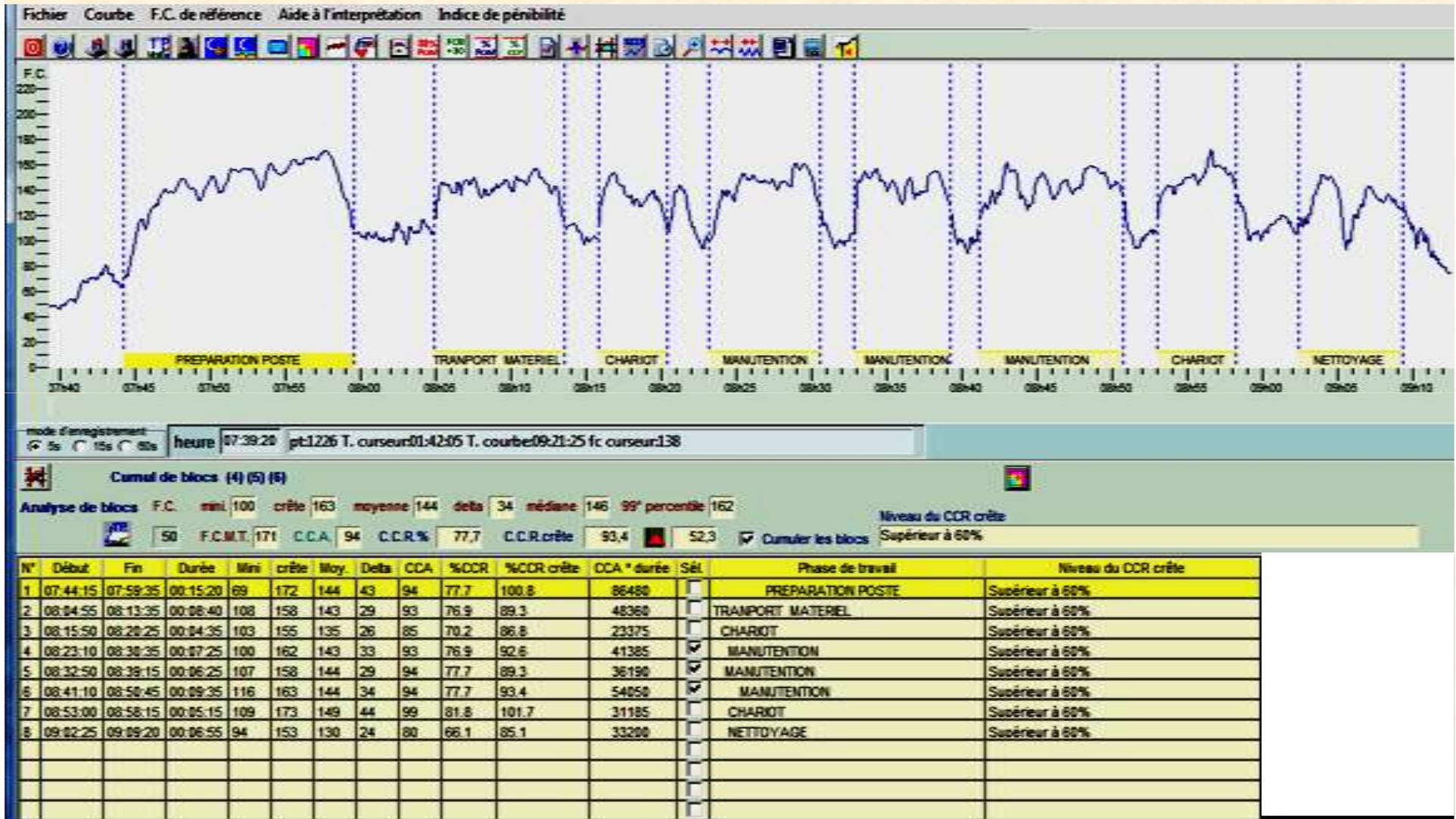
Mécaniciens M + Électriciens E + Élaboration EA + Coulées Continues CC

CCR 99 %

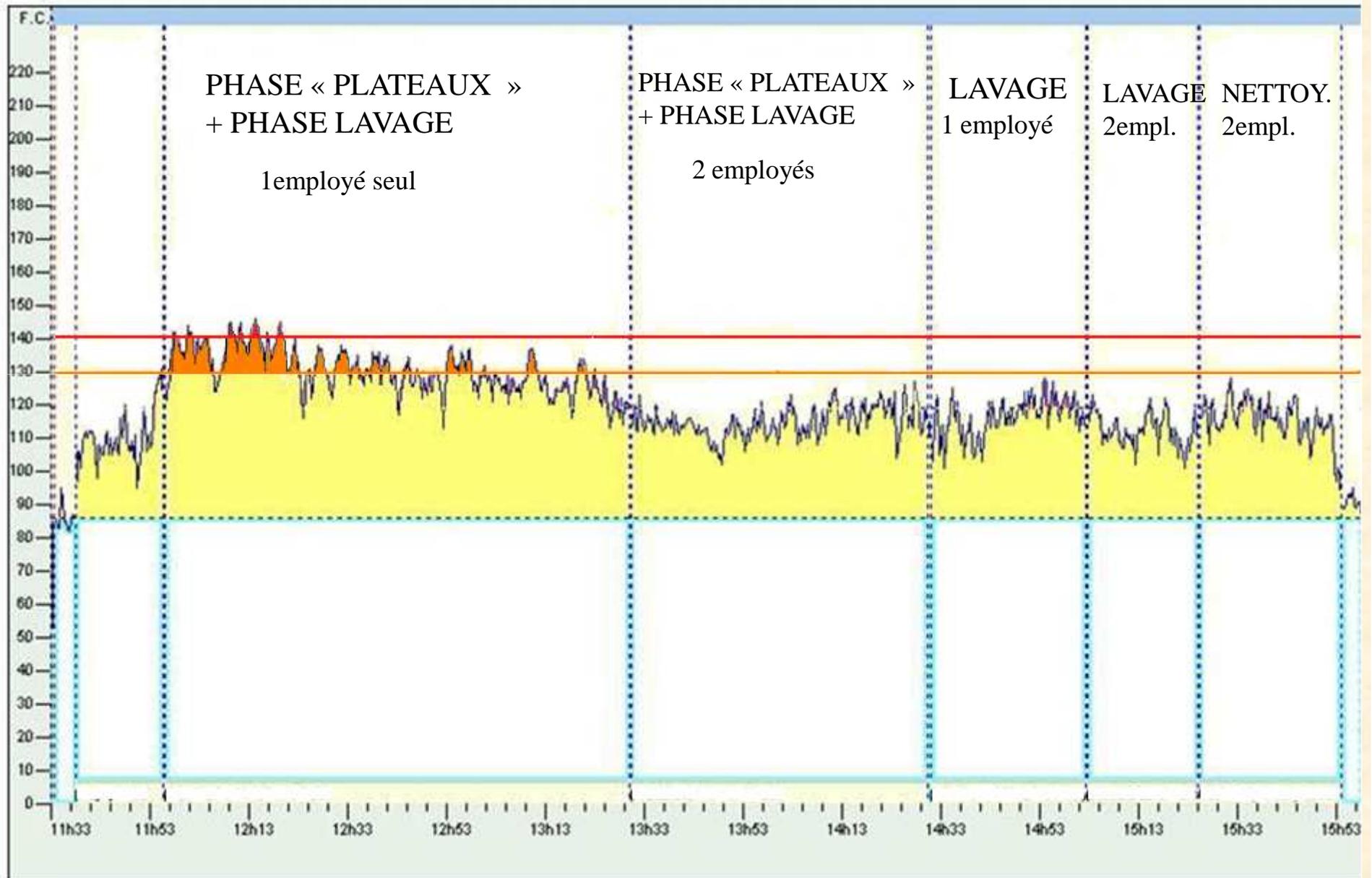


Hiérarchie des tâches

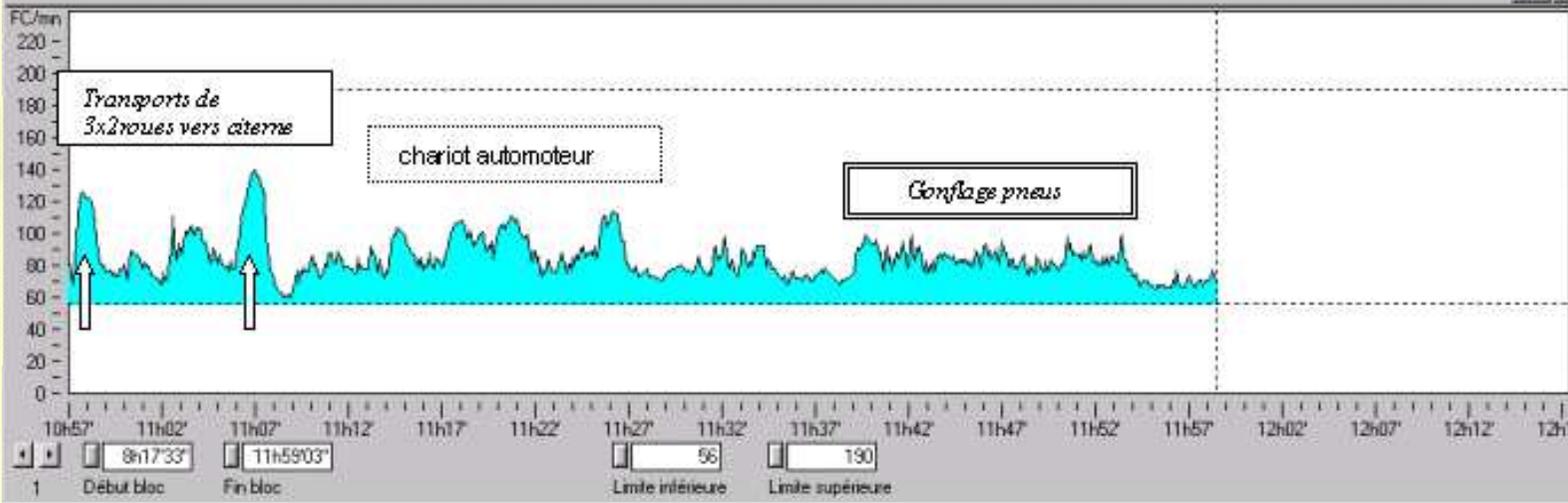
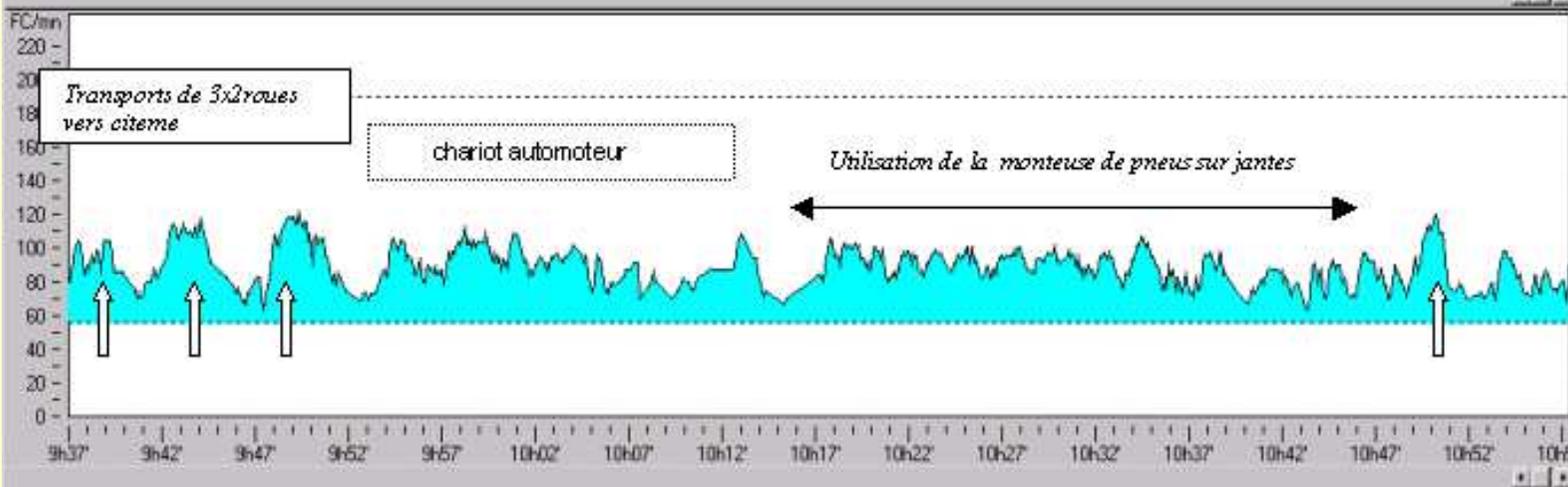
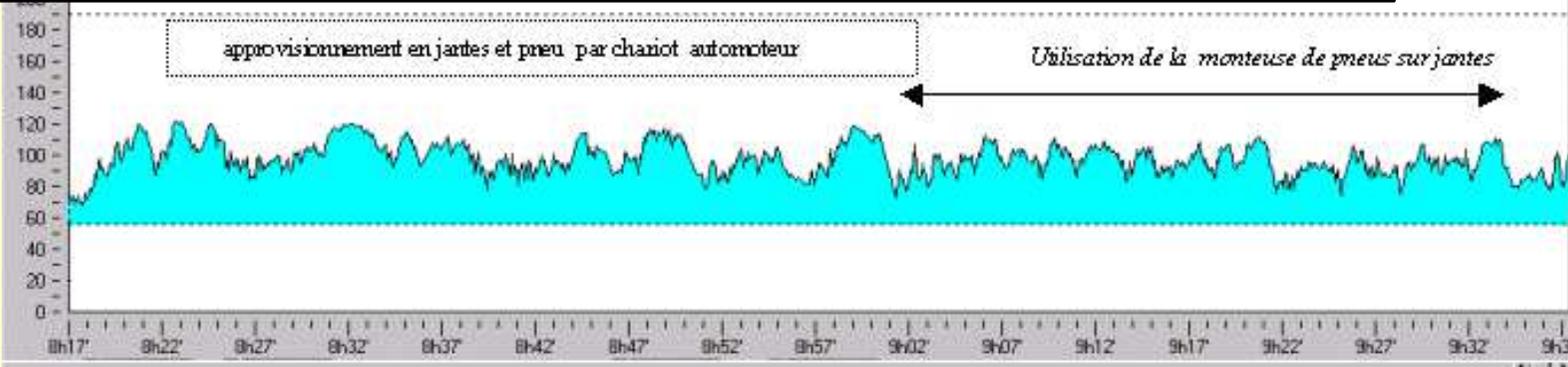
Analyse par phases de travail à l'aide du logiciel



POSTE: laverie cafétéria



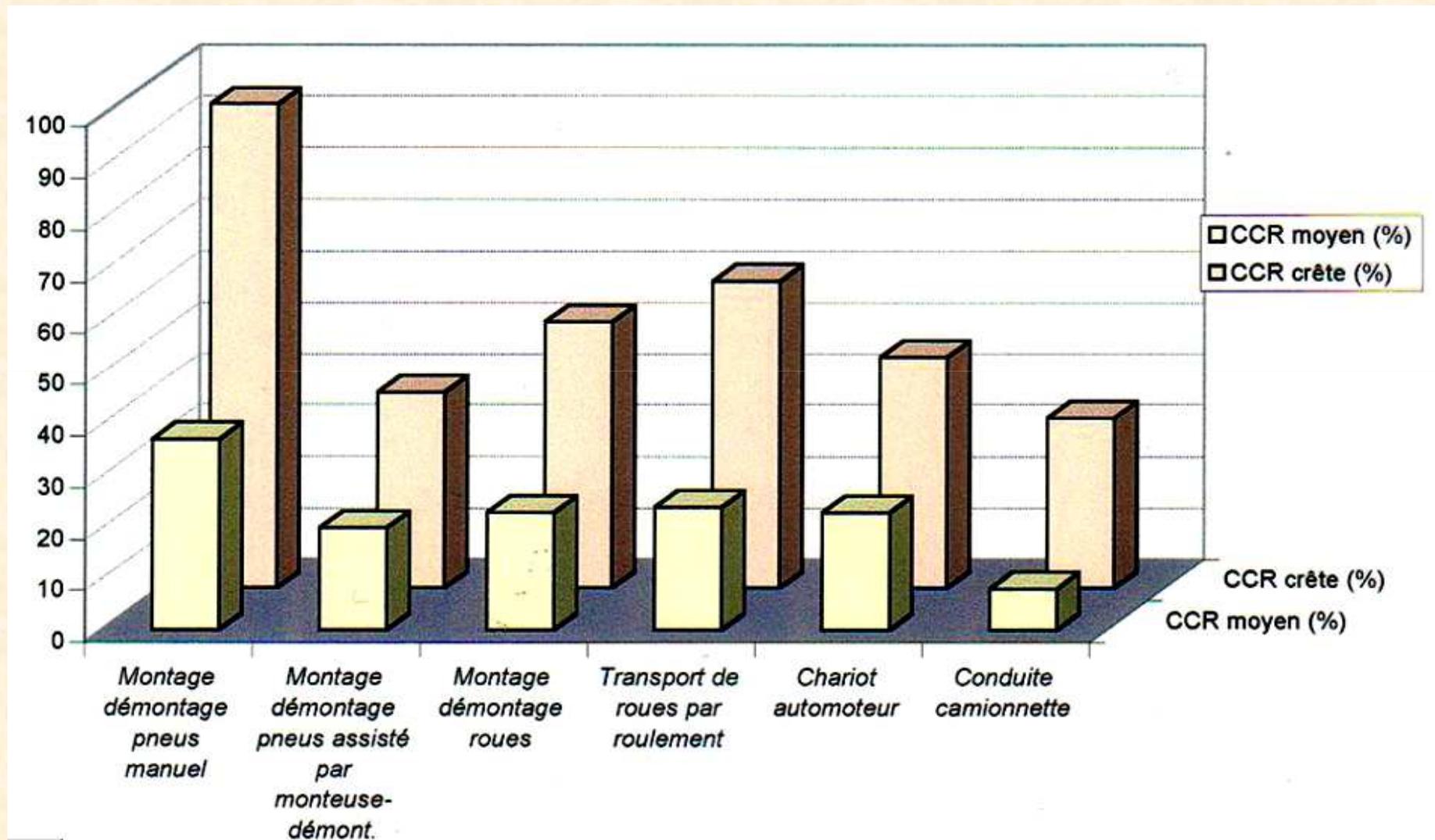
SEQUENCES DE MONTAGE DE PNEUS POIDS LOURD (suite)



Hiérarchisation des CCR par phases de travail

Activité	CCRmoy (%)	CCRcrête (%)	Enrgt concerné	Durée cumulée
<i>Montage <u>démontage</u> <u>pneus</u> manuel</i>	37	94	Monteur n°3	175mn
<i>Montage <u>démontage</u> <u>pneus</u> assisté par monteuse-démont.</i>	20	38	Monteur n°1	55mn
<i>Montage <u>démontage</u> <u>roues</u></i>	23	52	Monteur n° 2	295mn
<i>Transport de <u>roues</u> par roulement</i>	24	60	Monteur n°1	41mn
<i>Chariot automoteur</i>	23	45	Monteur n°1	83mn
<i>Conduite camionnette</i>	8	33	Monteur n°3	126mn

Hiérarchisation des CCR par phases de travail



conclusion



- Discipline récente
- Fiabilité et précision des tracés
- Consensus clair sur choix de l'indice CCR, valeurs admises sur la journée et lors des phases de travail
- Interprétation parfois délicates (FC = critère clinique, choix des sujets +++)
- Indications nombreuses : ergonomie , préparation et validation d'une reprise
- Analyse des tâches prescrites et réalisées
- Indices moyen et crête
- Concordance ou discordance de ces 2 paramètres pour caractériser les profils cardiaques du poste