

# THESE

présentée

devant l'UNIVERSITE PAUL SABATIER DE TOULOUSE (Sciences)

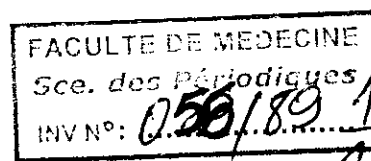
en vue de l'obtention

du DIPLOME UNIVERSITAIRE de RECHERCHE (D.U.R.)

Spécialité : GENIE BIOLOGIQUE ET MEDICAL

par

**Bernard RIGAUD**



## L'ERGOSCOPE

APPAREILLAGE D'ETUDE DE LA CHARGE DE TRAVAIL

Soutenue le 31 janvier 1989 devant le Jury composé de :

MM. J.P. MORUCCI, Professeur UPS Sciences	Président
D. VINCENSINI, Professeur UPS Sciences	Examineur
C. AZAIS, Maître de Conférences UPS Sciences	Examineur
R. CARRIERE, Directeur Adjoint Institut de Médecine du Travail	Examineur
B. DASSIER, Président du Groupement National des Médecins B.T.P.	Examineur
B. WARME-JANVILLE, Chef du Département Facteurs Humains E.T.C.A.	Examineur

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	
RESUME	
AVANT-PROPOS . . . . .	1
INTRODUCTION . . . . .	3

---

## CHAPITRE I - GENERALITES SUR L'EVALUATION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

---

I - INTERET DE LA FREQUENCE CARDIAQUE COMME INDICATEUR PHYSIOLOGIQUE DE LA CHARGE DE TRAVAIL . . . . .	9
I-1 - PRINCIPAUX INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES DE LA CHARGE GLOBALE . . . . .	11
I-1.1 - L'activité motrice . . . . .	11
I-1.2 - Fonctions physiologiques et activité . . . . .	12
I-1.2a - La ventilation pulmonaire . . . . .	13
I-1.2b - La dépense énergétique . . . . .	15
I-1.2c - La fréquence cardiaque . . . . .	15
c1 - Variations de la fréquence cardiaque au repos . . . . .	16
c2 - Variations de la fréquence cardiaque en activité . . . . .	16
* Fréquence cardiaque et travail musculaire	17
* Fréquence cardiaque et posture . . . . .	18
* Fréquence cardiaque et digestion . . . . .	19
* Fréquence cardiaque et altitude . . . . .	19
* Fréquence cardiaque et température . . . . .	19
* Fréquence cardiaque et bruit . . . . .	20
* Fréquence cardiaque et activité psychosensorielle . . . . .	20
I-2 - UTILISATION DE LA FREQUENCE CARDIAQUE COMME INDICATEUR DE LA CHARGE DE TRAVAIL . . . . .	20
I-3 - NOTION DE COUT CARDIAQUE DU TRAVAIL . . . . .	22
I-4 - LES DIFFERENTES ZONES D'APPRECIATION DE LA PENIBILITE . . . . .	25
II - LES TECHNIQUES DE MESURE DE LA FREQUENCE CARDIAQUE DE L'HOMME EN ACTIVITE . . . . .	28
II-1 - LA PALPATION . . . . .	28
II-2 - LA PHONOCARDIOGRAPHIE . . . . .	29
II-3 - LA PHOTOPLETHYSMOGRAPHIE . . . . .	30

II-4 - L'ELECTROCARDIOGRAPHIE . . . . .	31
II-4.1 - Le monitoring ambuloire de l'électrocardiogramme . . . . .	31
II-4.2 - La transmission de l'électrocardiogramme par télémetrie . . . . .	35
II-4.3 - Le monitoring ambuloire de la fréquence cardiaque . . . . .	37
III - RAPPELS PHYSIOLOGIQUES . . . . .	41
III-1 - L'ACTIVITE ELECTRIQUE DU COEUR . . . . .	41
III-2 - L'ELECTROCARDIOGRAMME . . . . .	42
III-2.1 - Les différentes ondes de l'électrocardiogramme	44
III-2.2 - L'électrocardiogramme dans le plan frontal .	45
III-2.2a - Le triangle d'Einthoven . . . . .	45
III-2.2b - Les dérivations bipolaires . . . . .	47
III-2.2c - Les dérivations unipolaires dans le plan frontal . . . . .	47
III-2.2d - Les dérivations unipolaires dans le plan transverse . . . . .	49

---

## CHAPITRE II - L'ERGOSCOPE

---

I - INTRODUCTION AU CHAPITRE II . . . . .	54
II - L'UNITE D'ACQUISITION DU SIGNAL ECG . . . . .	63
II-1 - LES PROBLEMES DE BRUIT . . . . .	63
II-1.1 - Réduction de l'effet parasite des champs magnétiques . . . . .	67
II-1.2 - Réduction de l'effet parasite des champs électriques . . . . .	67
II-2 - L'AMPLIFICATEUR D'ECG ET LES FILTRES D'ACQUISITION . . . . .	69
II-2.1 - L'amplificateur d'ECG . . . . .	69
II-2.2 - Les filtres d'acquisition . . . . .	73
III - L'UNITE DE TRANSMISSION DU SIGNAL ECG . . . . .	74
III-1 - LA SECTION EMETTRICE . . . . .	75
III-1.1 - Le modulateur de sous-porteuse . . . . .	75
III-1.2 - L'émetteur . . . . .	75
III-1.3 - L'alimentation . . . . .	77

III-2 - LA SECTION RECEPTRICE . . . . .	77
III-2.1 - Le récepteur . . . . .	77
III-2.2 - Le démodulateur de sous-porteuse . . . . .	79
III-2.3 - L'unité de réglage du gain . . . . .	79
IV - L'UNITE DE TRAITEMENT DU SIGNAL ECG . . . . .	80
IV-1 - LE FILTRE DE TRAITEMENT . . . . .	80
IV-2 - LE DETECTEUR DE QRS . . . . .	82
IV-3 - L'ENTREE ECG EXTERNE . . . . .	88
V - L'UNITE PILOTE . . . . .	89
V-1 - STRUCTURE DE L'UNITE PILOTE . . . . .	89
V-2 - LA MESURE DE LA FREQUENCE CARDIAQUE . . . . .	91
VI - L'UNITE DE TRAITEMENT VIDEO . . . . .	96
VI-1 - RAPPELS SUR LES SIGNAUX VIDEO . . . . .	94
VI-2 - LES CIRCUITS DE L'UNITE DE TRAITEMENT VIDEO . . . . .	96
IV-2.1 - Le contrôleur d'écran, la mémoire RAM et le circuit de tri des adresses . . . . .	97
IV-2.2 - Le contrôleur d'écran, l'horloge et les circuits vidéo . . . . .	99
VII - L'UNITE DE CONTROLE . . . . .	102
VII-1 - L'ACQUISITION DU SIGNAL ECG . . . . .	102
VII-1.1 - Le filtre passe-haut . . . . .	102
VII-1.2 - Le convertisseur analogique-digital . . . . .	103
VII-2 - LE MODULE D'AFFICHAGE A CRISTAUX LIQUIDES . . . . .	104
VII-3 - LA GESTION DES COMMANDES . . . . .	106
VII-4 - LA GESTION DE LA SORTIE ECG . . . . .	106
VIII - L'ALIMENTATION . . . . .	107
IX - LES APPAREILS ANNEXES . . . . .	107
IX-1 - LE CHARGEUR DE BATTERIE, L'ALIMENTATION ET LE DEMODULATEUR . . . . .	107
IX-2 - L'UNITE D'INTERFACE ERGOSCOPE-IFC 85 . . . . .	108
X - CHOIX ET MISE EN OEUVRE DES ELECTRODES . . . . .	111
X-1 - CHOIX DU TYPE D'ELECTRODES . . . . .	112
X-1.1 - Le phénomène de polarisation . . . . .	112
X-1.2 - Impédance de l'électrode . . . . .	115
X-1.3 - Caractéristiques mécaniques . . . . .	115

X-2 - MISE EN OEUVRE DES ELECTRODES . . . . .	117
X-2.1 - L'emplacement des électrodes . . . . .	118
X-2.2 - Préparation de la peau . . . . .	120
X-2.3 - Autres précautions à prendre dans la mise en oeuvre des électrodes . . . . .	122

---

### CHAPITRE III - EXEMPLES D'APPLICATION DE L'ERGOSCOPE

---

I - INTRODUCTION AU CHAPITRE III . . . . .	125
II - APPLICATIONS DE L'ERGOSCOPE A LA MEDECINE DU TRAVAIL . . . . .	126
II-1 - L'ETUDE ERGONOMIQUE DU POSTE DE TRAVAIL DANS UNE APPROCHE EPIDEMIOLOGIQUE . . . . .	126
II-1.1 - Etude du poste de ponceur de béton . . . . .	126
II-1.2 - Etude du poste de polisseur à genouillère . . . . .	131
II-2 - ETUDE DU COMPORTEMENT DANS UNE APPROCHE ERGONOMIQUE INDIVIDUELLE . . . . .	133
II-2.1 - Etude de postures dans le perçage de banches . . . . .	133
II-2.2 - Etude des contraintes spécifiques du poste de conducteur de grues de grande hauteur . . . . .	135
II-2.3 - Etude des postures du soudeur . . . . .	136
II-2.4 - Etude du poste de poseur de canalisations . . . . .	138
* Les travaux de fouille . . . . .	139
* Les travaux de manutention . . . . .	140
* Les travaux de pelletage . . . . .	142
II-2.5 - Conception nouvelle du poste de chapiste-régleur . . . . .	143
II-3 - AUTRES UTILISATIONS DE L'ERGOSCOPE . . . . .	145
III - APPLICATIONS DE L'ERGOSCOPE A L'ERGONOMIE DE L'HOMME EN ENVIRONNEMENT CONFINE . . . . .	146
III-1 - ETUDE D'UNE TENUE DE PROTECTION POUR INTERVENTION EN ZONE DANGEREUSE . . . . .	146
III-2 - ETUDE DES CONTRAINTES THERMIQUES SUBIES A L'INTERIEUR D'UNE COMBINAISON ANTI-FEU . . . . .	149
III-3 - APPROCHE PHYSIOLOGIQUE ET COMPORTEMENTALE D'UNE EVACUATION . . . . .	150
IV - APPLICATIONS DE L'ERGOSCOPE A LA MEDECINE DU SPORT . . . . .	152
IV-1 - ERGOSCOPE ET AVIRON . . . . .	152
IV-2 - ERGOSCOPE ET RUGBY . . . . .	152

---

CONCLUSION

---

158

BIBLIOGRAPHIE . . . . . 163

ANNEXE I - Notice commerciale de l'engoscope

ANNEXE II - Revue de presse

ANNEXE III - Adresses des sociétés citées

TABLE DES FIGURES

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

## RESUME

Après avoir posé le problème du besoin des médecins du travail en matière d'instrument d'étude de la charge de travail, l'auteur analyse l'intérêt du choix de la fréquence cardiaque en tant qu'indicateur de la charge de travail et les limites des moyens actuels disponibles pour réaliser des études de postes de travail. Un appareillage d'analyse ergonomique, associant la transmission de l'ECG par téléométrie et la vidéo, est proposé et décrit. Cet instrument, appelé "ergoscope", permet l'enregistrement vidéo simultané de l'image d'un travailleur en activité et de sa fréquence cardiaque. Des exemples d'application de l'ergoscope à la médecine du travail, à l'ergonomie de l'homme en environnement confiné et à la médecine du sport sont également présentés.

### MOTS CLEFS :

- ergonomie
- fréquence cardiaque
- vidéo
- téléométrie