

Titre: Conception ergonomique d'une cabine de locomotive
Title:

Auteur: Liette Latendresse
Author:

Date: 1997

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Latendresse, L. (1997). Conception ergonomique d'une cabine de locomotive
Citation: [Master's thesis, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
<https://publications.polymtl.ca/6674/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/6674/>
PolyPublie URL:

**Directeurs de
recherche:** Robert Gilbert
Advisors:

Programme: Unspecified
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CONCEPTION ERGONOMIQUE D'UNE CABINE DE LOCOMOTIVE

LIETTE LATENDRESSE

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES

ET DE GÉNIE INDUSTRIEL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES**

(GÉNIE INDUSTRIEL)

JUIN 1997



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-33146-6

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

CONCEPTION ERGONOMIQUE D'UNE CABINE DE LOCOMOTIVE

présenté par: LATENDRESSE Liette

en vue de l'obtention d'un diplôme de: Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. LEBLANC Daniel, Ph.D., président

M. GILBERT Robert, Ph.D., membre et directeur de recherche

M. BUZZELL Pierre, M.Sc., membre

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les employés de la compagnie des Chemins de Fer Nationaux du Canada qui m'ont appuyée et ont contribué de mille façons à la réussite de ce projet.

RÉSUMÉ

La conception de postes de conduite offre plusieurs défis aux concepteurs. Les exigences de la tâche et les contraintes sont nombreuses. La recherche de solutions passe par l'élaboration d'une méthodologie où tous les aspects sont considérés ainsi que par le développement de méthodes adaptées.

Ce mémoire décrit les étapes d'un projet de conception d'une cabine de locomotive, et plus particulièrement du poste de conduite. Le projet a été initié par la compagnie des Chemins de Fer Nationaux du Canada (CN). Son but était de concevoir un aménagement des cabines de locomotives qui deviendrait la norme de l'Association américaine des chemins de fer (AAR).

Au début du projet, les objectifs spécifiques et les contraintes ont été déterminés.

Voici la liste de ces objectifs :

- permettre la conduite bidirectionnelle des locomotives
- autoriser le contrôle des locomotives à l'aide de commandes à distance
- permettre la conduite des locomotives avec un, deux ou trois membres d'équipage, selon le type d'opération et l'exploitant
- permettre l'utilisation des locomotives pour divers types d'opération
- comporter un ordinateur de bord, comprenant un écran et un clavier à l'interface
- offrir plusieurs possibilités selon les besoins spécifiques de chaque compagnie
- accommoder physiquement la plus grande partie possible de la population cible

- offrir aux membres des équipages de trains un degré de confort en accord avec la tâche à effectuer et les conditions de travail
- permettre la conduite plus sécuritaire des trains
- faciliter l'entretien.

Dans un deuxième temps, les membres de l'équipe de conception ont élaboré les bases d'une méthodologie spécifique au contexte. Généralement, le détail des méthodes fut déterminé au fur et à mesure des étapes du projet.

Ensuite, des données ont été assemblées concernant la conduite de locomotives, les exigences de la tâche, les caractéristiques anthropométriques de la population cible, les opinions des usagers, etc.

À partir des données recueillies, l'équipe de conception a procédé à diverses analyses pour déterminer les points à considérer lors de la conception. Ces analyses comprenaient une revue critique de la documentation, une étude descriptive des postes existants, une analyse des résultats des entrevues et questionnaires, une analyse comparative des caractéristiques anthropométriques de la population cible, une analyse théorique de la tâche des mécaniciens de locomotive ainsi qu'une analyse de leur tâche réalisée à partir d'observations. Des méthodes spécifiques au contexte ont été développées. Pour l'étude descriptive des postes par exemple, une méthode utilisant le laser a permis d'évaluer la grandeur du champ de visibilité à l'extérieur à bord des locomotives actuelles. Pour l'analyse de la tâche réelle, des tableaux regroupant plusieurs types de données relatives à la conduite de train ont été

construits. Ces données comprenaient les observations sur le terrain, le profil de la voie et le contenu des boîtes noires.

À ce stade, un concept global respectant les objectifs et les contraintes du projet fut élaboré. Une image tridimensionnelle du concept fut générée dans Safework, un logiciel d'aide à la conception ergonomique. Ce résultat fut présenté aux dirigeants du CN, aux représentants des usagers, des fabricants de locomotives, d'autres compagnies de transport ferroviaire et de l'AAR. Finalement, les formes, les dimensions et les positions des diverses composantes ont été déterminées avec plus de précision lors de l'étape du design détaillé.

La construction d'une maquette grandeur nature est en cours. Cette maquette permettra à la fois de valider le concept final et de le présenter aux divers intervenants.

ABSTRACT

The design of a driving station is challenging. Task requirements and constraints are numerous. To obtain good results, one must elaborate a methodology where every aspect is considered. It may be necessary to develop specific methods.

This report describes the steps of a locomotive cab design project with emphasis on the driving station. The project was initiated by Canadian National Railways (CN). Its main objective was to design a locomotive cab that would become the standard of the Association of American Railroads (AAR).

One of the first step was to determine the specific objectives and the constraints. The specific objectives of the project were as follow :

- allow bi-directional driving
- allow remote control operation
- permit operation with one to three crewmen, according to the type of operation to be performed and the railroad company's policies
- permit all types of operation
- add an on-board computer with screen and keyboard
- offer many layout possibilities
- accommodate dimension wise the largest percentage of the target population
- offer a degree of comfort in relation with the job's requirements and conditions
- permit safer operation
- facilitate maintenance.

At this point, we elaborated the basis of a methodology specific to the context. Most of the time, the details of the methods were determined as we advanced in the project.

In the data collection period, we assembled information on locomotive driving, task requirements, anthropometric characteristics of a sample of the company's crewmen, crewmen's opinions on actual cab design as well as on other related subjects, etc.

The design team then proceeded to a series of analysis to determine the design criteria for the cab. These analyses included a critical review of the literature, a descriptive study of existing cabs, an analysis of survey and interviews results, a comparative analysis of the target population anthropometric characteristics, and analysis of the prescribed task of the locomotive's engineers and of the observed task.

At this point, a global concept respecting the project's objectives and constraints was elaborated. A 3D representation of this concept was generated in Safework, an ergonomic design tool software. This 3D drawing was presented to representatives of users, other railroads, the AAR, the locomotive's builders as well as CN executives.

Finally, the form, dimensions and position of each component was determined precisely at the detailed design stage. A full scale mockup is being built to validate the final concept. It is intended to be used to promote the adoption of this cab as a standard.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	iv
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT.....	viii
TABLE DES MATIÈRES	x
LISTE DES TABLEAUX.....	xvi
LISTE DES FIGURES.....	xvii
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	xviii
LISTE DES ANNEXES	xix
AVANT-PROPOS	v
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : Objectifs et contraintes	3
1.1 Objectifs	3
1.2 Contraintes.....	5
CHAPITRE 2 : Méthodologie	6
2.1 Démarches préliminaires.....	6
2.2 Analyses.....	8
2.2.1 Revue de la documentation	8
2.2.2 Étude descriptive des postes.....	8
2.2.3 Enquête par questionnaire	9
2.2.4 Caractéristiques anthropométriques	10
2.2.5 Tâche réelle.....	12
2.2.6 Tâche théorique.....	13

2.2.7 Caractéristiques des commandes et des affichages	13
2.3 Conception	14
2.3.1 Concept global.....	14
2.3.2 Design détaillé	14
CHAPITRE 3 : Démarches préliminaires	15
3.1 Formation de mécanicien de locomotive	15
3.1.1 Conclusion de la section.....	15
3.2 Entrevues.....	17
3.2.1 Équipages de trains.....	17
3.2.1.1 Aménagement des cabines.....	17
3.2.1.2 Conditions de travail.....	18
3.2.2 Coordonnateurs de trains	19
3.2.3 Ergonomes des fabricants et de l'AAR	19
3.2.4 Membres du comité des cabines de locomotive	20
3.2.5 Spécialistes du CN	20
3.2.6 Conclusion de la section.....	21
CHAPITRE 4 : Analyses	22
4.1 Revue de la documentation	22
4.1.1 Santé et sécurité.....	23
4.1.1.1 Problèmes musculo-squelettiques.....	23
4.1.1.2 Accidents.....	24
4.1.1.3 Qualité de l'environnement.....	25
4.1.1.4 Fatigue	27
4.1.1.5 Sommeil	28

4.1.1.6 Stress psychologique	28
4.1.2 Aménagement de postes de conduite	29
4.1.2.1 Adaptation dimensionnelle des postes.....	29
4.1.2.2 Conception de cabine de locomotive	30
4.1.3 Conclusion de la section.....	30
4.2 Étude descriptive des postes	33
4.2.1 Types d'aménagement observés.....	33
4.2.1.1 Arrangement général des locomotives	33
4.2.1.2 Console du mécanicien de locomotive.....	34
4.2.2 Champ de visibilité dans les locomotives actuelles	35
4.2.2.1 Représentation tridimensionnelle de la locomotive	35
4.2.2.2 Validation du dessin et détermination du champ de visibilité	36
4.2.3 Conclusion de la section.....	38
4.3 Enquête par questionnaire	39
4.3.1 Qualité de l'environnement.....	39
4.3.2 Problèmes de visibilité	40
4.3.3 Informations visuelles	40
4.3.4 Caractéristiques des sièges.....	41
4.3.5 Importance relative des caractéristiques des sièges	42
4.3.6 Comparaison des commandes des deux types de consoles	43
4.3.7 Importance relative des commandes	44
4.3.8 Comparaison des interrupteurs des deux types de consoles	45
4.3.9 Importance relative des interrupteurs	48
4.3.10 Comparaison des affichages des deux types de consoles.....	49

4.3.11 Importance relative des affichages	52
4.3.12 Poste du chef de train.....	53
4.3.13 Système de communication.....	54
4.3.14 Aménagement général	54
4.3.15 Conclusion de la section.....	56
4.4 Caractéristiques anthropométriques.....	58
4.4.1 Données anthropométriques de l'échantillon du CN.....	59
4.4.2 Comparaison entre la population canadienne et l'échantillon du CN.....	60
4.4.3 Comparaison entre la population américaine et l'échantillon du CN.....	62
4.4.4 Conclusion de la section.....	64
4.5 Tâche réelle	66
4.5.1 Exigences gestuelles et posturales	66
4.5.1.1 Trains de voie principale avec console de type conventionnel.....	67
4.5.1.2 Trains de voie principale avec console de type pupitre	68
4.5.1.3 Trains de manoeuvre avec console de type conventionnel.....	69
4.5.1.4 Train de travaux avec console de type conventionnel.....	70
4.5.2 Exigences visuelles	71
4.5.2.1 Éclairage intérieur de nuit.....	71
4.5.2.2 Trains sur la voie principale.....	72
4.5.2.3 Trains de manoeuvre	73
4.5.2.4 Trains de travaux	74
4.5.3 Exigences auditives	75
4.5.3.1 Trains sur la voie principale.....	75
4.5.3.2 Trains de manoeuvre et trains de travaux.....	76

4.5.4 Conclusion de la section.....	77
4.6 Tâche théorique	79
4.6.1 Exigences opérationnelles.....	80
4.6.2 Fonctions générales	81
4.6.3 Fonctions spécifiques	81
4.6.4 Exigences en terme d'affichages et de commandes	82
4.6.4.1 Choix des types d'affichages	84
4.6.4.2 Choix des types de commandes	87
4.6.5 Conclusion de la section.....	92
4.7 Caractéristiques des commandes et des affichages	93
4.7.1 Position relative	93
4.7.1.1 Fréquence et caractère urgent.....	93
4.7.1.2 Séquence.....	94
4.7.1.3 Liaisons entre les composantes	95
4.7.2 Mode d'actionnement et interprétation.....	98
4.7.3 Conclusion de la section.....	99
CHAPITRE 5 : Conception.....	100
5.1 Concept global	100
5.1.1 Arrangement général de la locomotive	100
5.1.1.1 Locomotive à deux cabines.....	100
5.1.1.2 Locomotive à cabine centrale.....	101
5.1.1.3 Locomotive à cabine centrale surélevée	102
5.1.1.4 Locomotive à cabine indépendante du moteur	103
5.1.1.5 Locomotive à cabine unique	103

5.1.1.6 Choix d'un arrangement général des locomotives	104
5.1.2 Aménagement général de la cabine	106
5.1.2.1 Sièges et commandes solidaires et pivotants	106
5.1.2.2 Sièges fixes et écrans	106
5.1.2.3 Sièges pivotants et quatre postes par cabine	107
5.1.2.4 Choix d'un aménagement général des cabines	107
5.1.3 Type d'affichages	108
5.1.4 Position des affichages.....	109
5.1.5 Tablette d'appoint pour le chef de train	110
5.1.6 Protection contre les émanations	110
5.2 Design détaillé.....	112
5.2.1 Mannequins bornes	112
5.2.2 Position des postes	113
5.2.2.1 Position des yeux.....	113
5.2.2.2 Modifications proposées.....	115
5.2.3 Forme et dimension des éléments.....	118
5.2.3.1 Tablettes	118
5.2.3.2 Sièges.....	119
5.2.3.3 Bloc de commandes.....	120
5.2.2.4 Affichages	121
CONCLUSION	123
BIBLIOGRAPHIE	125
ANNEXES.....	148

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 : Pourcentages concernant les informations visuelles	41
Tableau 4.2 : Pourcentages concernant les caractéristiques des sièges	42
Tableau 4.3 : Pourcentages concernant les commandes	44
Tableau 4.4 : Ordre d'importance relative des commandes.....	45
Tableau 4.5 : Pourcentages concernant les interrupteurs	47
Tableau 4.6 : Ordre d'importance relative des interrupteurs	49
Tableau 4.7 : Pourcentages concernant les affichages.....	51
Tableau 4.8 : Ordre d'importance relative des affichages	52
Tableau 4.9 : Pourcentages concernant le poste du chef de train.....	53
Tableau 4.10 : Pourcentages concernant le système de communication	54
Tableau 4.11 : Pourcentages concernant l'aménagement général.....	55
Tableau 4.12 : Statistiques sur l'anthropométrie de l'échantillon masculin du CN	60
Tableau 4.13 : Comparaison entre la population canadienne et l'échantillon CN.....	62
Tableau 4.14 : Comparaison entre la population américaine et l'échantillon du CN....	64
Tableau 4.15 : Matrice de décision pour les affichages.....	83
Tableau 4.16 : Matrice de décision pour les commandes à positions discrètes.....	83
Tableau 4.17 : Matrice de décision pour les commandes à réglage continu	84
Tableau 4.18 : Exigences pour les affichages.....	86
Tableau 4.19 : Exigences pour les commandes	89
Tableau 4.20 : Liaisons affichage-commande théoriques et effectives	97
Tableau 5.1 : Matrice de décision pour l'arrangement général des locomotives.....	105
Tableau 5.2 : Matrice de décision pour l'aménagement général des cabines	108

LISTE DES FIGURES

Figure 4.1 : Arrangement général des locomotives le plus courant	33
Figure 4.2 : Comparaison des champs de visibilité au sol selon la méthode	37
Figure 5.1 : Locomotive à deux cabines	101
Figure 5.2 : Locomotive à cabine centrale surélevée.....	102
Figure 5.3 : Locomotive à cabine indépendante du moteur.....	103
Figure 5.4 : Locomotive à cabine unique	104
Figure 5.5 : Comparaison des champs de visibilité avec le nez intact et biseauté.....	116
Figure 5.6 : Modifications au nez court de la locomotive	117

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

- AAR** : Association américaine des chemins de fer
(en anglais : Association of American Railroads)
- CN** : compagnie des Chemins de Fer Nationaux du Canada
- GE** : compagnie General Electric Canada
- GM** : compagnie General Motors du Canada
- PC** : contrôle pneumatique
- TIBS** : système de contrôle et de freinage en queue de train

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Données anthropométriques des employés du CN.....	148
ANNEXE II : Tableau synthèse: observations, boîte noire et profil de voie	159
ANNEXE III : Détail des fonctions de premier niveau	174
ANNEXE IV : Besoins en terme d'informations, d'actions et de rétroactions	194
ANNEXE V : Valeurs extrêmes pour les variables critiques.....	225
ANNEXE VI : Dessins de conception.....	229

AVANT-PROPOS

Ce mémoire décrit toutes les étapes du projet d'aménagement de la cabine de locomotive pour permettre au lecteur de suivre la démarche méthodologique. Le projet fut un travail d'équipe. Au départ, l'équipe comprenait :

- Christian Fortin ergonome consultant
- Robert Gilbert ergonome consultant
- Gaby Lamontagne officier technique senior, CN
- François Laporte directeur du projet, CN
- Lydia Pinkas coordonnatrice du projet, CN

J'ai fait partie de l'équipe à partir de l'étape de l'analyse de la tâche réelle (section 4.5). J'ai participé au traitement des données recueillies antérieurement ainsi qu'à toutes les étapes postérieures.

Ma tâche a consisté tout particulièrement à :

- faire l'analyse théorique de la tâche (section 4.6)
- déterminer les caractéristiques souhaitables des commandes et des affichages (section 4.7)
- valider les choix effectués lors de la réunion de conception (section 5.1)
- élaborer le design détaillé (section 5.2).

INTRODUCTION

Jusqu'à ce jour, la compagnie des Chemins de Fer Nationaux du Canada (CN) fait fabriquer selon ses spécifications les locomotives qu'elle utilise pour le transport de marchandises. Les autres compagnies nord-américaines de transport ferroviaire font de même. Il en résulte une multiplicité des modèles. Ce manque d'homogénéité, parce qu'il complique la fabrication des locomotives, contribue à maintenir leur prix de vente élevé. Des dirigeants du CN ont émis l'hypothèse que si l'on proposait aux transporteurs ferroviaires une locomotive répondant à leurs besoins spécifiques autant que communs, on pourrait établir une norme de l'Association américaine des chemins de fer (AAR). Une plus grande uniformité des locomotives permettrait sans aucun doute d'en réduire les coûts de fabrication et, en bout de ligne, le prix de vente.

Une équipe de conception des nouvelles locomotives fut formée. Cette équipe était constituée de plusieurs sous-groupes. C'est du travail du sous-groupe chargé de l'aménagement de la cabine dont il est question dans ce mémoire.

Des analyses approfondies des postes de conduites existants, des opinions des usagers, des caractéristiques anthropométriques de la population cible, de la tâche et des exigences opérationnelles ont d'abord été effectuées.

Dans un deuxième temps, un concept global définissant la forme générale et la position relative des divers éléments a été élaboré. Une image tridimensionnelle de cet aménagement a servi à présenter le concept aux dirigeants du CN, aux représentants

du personnel ferroviaire, des fabricants, de l'AAR et d'autres exploitants. La proposition d'aménagement initiale a été détaillée. La forme, les dimensions et la position des diverses composantes ont été définies avec précision.

Actuellement, une maquette en vraie grandeur est en construction. Elle permettra de valider le concept et servira d'outil de promotion pour convaincre les dirigeants d'autres compagnies de transport ferroviaire d'adopter le nouvel aménagement.

CHAPITRE 1 : Objectifs et contraintes

1.1 Objectifs

L'objectif principal du projet était de concevoir un aménagement des cabines de locomotives qui deviendrait la norme de l'Association américaine des chemins de fer.

Les objectifs spécifiques du projet, tels que déterminés par les dirigeants du CN, étaient de permettre :

- la conduite bidirectionnelle des locomotives. Cette exigence devient nécessaire parce que le moteur des nouvelles locomotives sera plus puissant. Les trains comprendront donc plus souvent une seule locomotive dont le sens de marche variera. Les locomotives actuelles sont disposées de façon à ce qu'il y ait une cabine à chaque bout du groupe moteur.
- la conduite des locomotives à l'aide de commandes à distance
- l'utilisation des locomotives pour divers types d'opération. On prévoit les utiliser principalement pour les trajets sur la voie principale, mais aussi dans les cours de triage, sur les trains de manoeuvre et lors de travaux sur la voie.
- la conduite des locomotives avec un, deux ou trois membres d'équipage, selon le type d'opération et selon l'exploitant
- l'ajout d'un ordinateur de bord comprenant un écran et un clavier
- plusieurs possibilités d'aménagement selon les besoins spécifiques de chaque compagnie.

À ces objectifs spécifiques s'ajoute cette liste, déterminée par l'équipe de conception :

- accommoder physiquement la plus grande partie possible de la population cible
- offrir aux membres des équipages de trains un degré de confort en accord avec la tâche à effectuer et les conditions de travail
- permettre la conduite plus sécuritaire des trains
- faciliter l'entretien.

1.2 Contraintes

Au départ, les contraintes définies par les dirigeants du CN étaient les suivantes :

- le châssis du modèle de locomotive dite «cabine isolée», construit par la compagnie General Motors (GM), doit servir de base.
- la solution proposée doit être applicable immédiatement. Les composants doivent être disponibles sur le marché. Les solutions qui impliquent une longue période de recherche et de développement ne peuvent être considérées.
- les coûts de fabrication et d'opération doivent être similaires à ceux des locomotives existantes
- la conception doit être complétée à l'intérieur d'une période de six mois
- les lois et les règlements en vigueur en Amérique du Nord doivent être respectés
- la nouvelle locomotive doit être compatible avec les infrastructures existantes, notamment les voies, les ponts ainsi que les ateliers d'entretien et de réparation.

CHAPITRE 2 : Méthodologie

2.1 Démarches préliminaires

Seules les grandes lignes de la méthodologie peuvent être définies dès le début d'un projet. Les démarches préliminaires servent, entre autres, à préciser les détails de la méthodologie pour la suite du projet. Dans le présent projet, ces démarches comprenaient surtout des observations et des entrevues.

La liste suivante énumère les démarches préliminaires effectuées et en spécifie brièvement le but :

- des rencontres initiales dont les buts étaient de préciser les objectifs et les modalités du projet ainsi que de s'assurer de la pleine collaboration des responsables et des représentants des travailleurs.
- des observations préliminaires en contexte réel, à bord de divers types de trains, pour se familiariser avec les différents modèles de cabines et avec la conduite de locomotives. Des informations utiles à la préparation des entrevues, du questionnaire et des séances d'observations approfondies ont également été rassemblées.
- une formation de mécanicien de locomotive qui a permis de mieux comprendre les exigences de la tâche
- des entrevues avec des équipages de trains d'une part, et d'autre part avec des superviseurs, pour tenter d'éviter l'oubli de certaines informations difficiles à obtenir autrement que par l'expérience

- des entrevues avec les représentants des fabricants et l'ergonome de l'AAR pour prendre connaissance des travaux en cours et faire connaître les intentions du CN afin d'obtenir leur collaboration
- des entrevues avec les membres du comité des cabines de locomotives pour être informé des problèmes soulevés par divers corps de métier au sujet des cabines
- des entrevues avec des spécialistes du CN dans les domaines de la convention collective, de la législation et de la normalisation des composantes de locomotives ont permis de vérifier l'existence éventuelle de contraintes supplémentaires.

2.2 Analyses

L'analyse théorique de la tâche donne au concepteur une connaissance différente de celle de l'opérateur. Elle permet de déterminer les relations entre les composantes d'un poste et les fonctions à exécuter, telles que prévues par les concepteurs. L'analyse effectuée à partir d'observations sur le terrain tient compte des simplifications et des substitutions que font les opérateurs. Elle seule permet de mettre en évidence les modes opératoires. La démarche méthodologique adoptée, comporte ces deux types d'analyse. Utilisées de façon complémentaire, elles ont permis d'obtenir un ensemble d'informations utiles à la conception.

2.2.1 Revue de la documentation

Une revue de la documentation dans les domaines reliés à la santé et à la sécurité des conducteurs ainsi qu'à la conception de postes de conduite a été réalisée. Elle a permis de faire le point sur l'état des connaissances dans ces domaines.

2.2.2 Étude descriptive des postes

Cette partie de l'étude a été réalisée à partir :

- de l'examen de plans, croquis, normes et spécifications internes du CN, de GM et de la compagnie General Electric (GE) concernant l'aménagement des cabines de locomotives
- de la prise de mesures pertinentes et de photographies

- d'une analyse des champs de visibilité et des zones aveugles au poste du mécanicien de locomotive
- du recueil des commentaires des équipages lors des visites, des observations et des entrevues.

2.2.3 Enquête par questionnaire

L'enquête par questionnaire visait à connaître les opinions d'un groupe plus nombreux que celui des entrevues tenues en petits groupes sur certains aspects des cabines et de l'exécution de la tâche. Elle a aussi permis de connaître la dispersion des opinions.

Elle visait en particulier à :

- établir l'importance relative des commandes et des indicateurs en fonction du type d'opération, selon le jugement et l'expérience du personnel
- contraster les opinions concernant les deux principaux types de postes de conduite
- obtenir par des questions ouvertes des commentaires difficiles à obtenir autrement.

Certaines questions portaient spécifiquement sur la qualité de l'environnement dans les cabines et sur les sièges. Or, le mandat de l'équipe de conception ne comprenait ni le choix de la cabine, ni celui du siège. Des solutions jugées acceptables, soient la cabine dite «isolée» et un nouveau type de siège, avaient été apportées avant le début du projet. Mais, au cours des entrevues en petits groupes de nombreux commentaires portaient sur ces sujets. Par conséquent, pour éviter que les réponses aux questions ouvertes portent principalement sur ces aspects, des questions spécifiques à ceux-ci ont été introduites.

2.2.4 Caractéristiques anthropométriques

À notre demande, le service de Santé au travail du CN a mesuré onze variables anthropométriques sur un échantillon du personnel du transport d'environ 200 sujets. Ces variables étaient choisies en fonction de leur utilité éventuelle probable pour la conception de postes de conduite. Elles devaient aussi être faciles à mesurer par un personnel n'ayant ni l'expérience, ni les outils spécialisés.

Des données concernant le sexe, l'ethnie, l'âge, le poste actuel et les années d'expérience des sujets ont également été recueillies. Le sexe, l'ethnie et l'âge ont ici un intérêt parce qu'ils constituent des sources importantes de variabilité anthropométrique. L'information au sujet du poste occupé peut aussi être utile. Une majorité des chefs de train actuels deviendront mécaniciens de locomotive au cours des cinq à dix prochaines années. Dans dix à quinze ans les serre-freins occuperont ce poste. L'information au sujet des années d'expérience peut aider à détecter des phénomènes d'auto-sélection. L'auto-sélection est l'action par laquelle des individus déterminent leur participation à une activité, à partir de raisons pratiques ou sociologiques sous-jacentes.

Les données anthropométriques recueillies ont servi à :

- caractériser la population actuelle du CN par rapport aux populations canadienne et américaine
- évaluer le niveau d'accommodation de la population du CN dans la nouvelle cabine.

Nous avons d'abord choisi les banques de données anthropométriques les plus appropriées pour établir des comparaisons avec la population du CN. Les données anthropométriques statistiquement représentatives proviennent principalement du domaine militaire. Les banques de données récentes sont rares, difficilement accessibles et pas nécessairement pertinentes pour notre projet.

Comme base de données pour la population américaine, une étude de l'armée américaine datant de 1988 (Gordon et al., 1989) a été choisie. Relativement récente, elle comprend des matrices de corrélations entre les diverses mesures anthropométriques. Ces matrices permettent de bâtir des modèles multi-normaux. La source de données anthropométriques de la population canadienne utilisée est une étude réalisée en 1974 sur 565 sujets des Forces armées canadiennes (McCann et al., 1975). Les données ont été adaptées, en fonction de l'âge et de l'accroissement séculaire.

La méthode adoptée pour évaluer le niveau d'adaptation de la population cible consistait, dans un premier temps à déterminer les variables critiques. Les dimensions des nouveaux postes ont ensuite été choisies de façon à accommoder un pourcentage maximum de la population pour chaque variable critique. Finalement, le pourcentage de la population accommodée par le nouveau poste a été comparé à celui de l'ancien. L'objectif était d'obtenir un pourcentage égal ou supérieur à celui des locomotives actuelles.

2.2.5 Tâche réelle

L'aménagement des cabines de locomotives, selon notre mandat, devait être adapté particulièrement aux activités associées à la conduite de trains de marchandises sur la voie principale. En conséquence, la réalisation de cette tâche a été observée en détail par les quatre ergonomes, sur des parcours représentatifs des diverses régions du Canada. La conduite d'autres types de train a également été observée. Globalement, vingt-cinq personnes (onze mécaniciens de locomotive, onze chefs de train et trois serre-freins) ont été observées durant leur travail. L'ensemble des observations s'est étalé sur près de cent trente-cinq heures effectuées au cours de onze missions.

Le nombre de missions en fonction du type d'opération était réparti de la manière suivante :

- huit missions de conduite d'un train de marchandise sur la voie principale
- deux missions à bord de trains de manoeuvre
- une mission de travaux de réfection de voie
- au cours de trois missions parmi les précédentes, des manoeuvres ont été observées au départ des cours de triage.

Voici la liste des principaux éléments observés :

- les gestes et les postures de travail
- la fréquence, la durée et la direction des regards
- la nature, la fréquence et la qualité des communications

Le but de ces observations était de déterminer :

- les exigences gestuelles, posturales et perceptuelles
- les liaisons entre les affichages et les commandes
- les modes opératoires utilisés.

Les résultats des observations systématiques ont été jumelés aux informations contenues dans la boîte noire ainsi qu'au profil de voie. La synthèse de ces informations permet d'analyser les stratégies de conduite associées notamment aux courbes et aux pentes de la voie.

2.2.6 Tâche théorique

Une analyse théorique de la tâche a été effectuée à partir de documents relatifs à la conduite de train. La définition de la tâche en terme de fonctions générales et spécifiques a permis de déterminer le type de commande le mieux adapté à chaque fonction.

2.2.7 Caractéristiques des commandes et des affichages

Afin de déterminer la position relative des diverses composantes du poste, nous avons analysé : les séquences et les fréquences d'actionnement, les liaisons entre les composantes et le caractère urgent de la commande ou de l'affichage.

2.3 Conception

2.3.1 Concept global

L'élaboration d'un concept global est l'étape où les membres de l'équipe de conception ont défini la forme générale de la nouvelle locomotive, l'aménagement général des cabines ainsi que le type et la position des commandes et des affichages. Dans un premier temps, les membres de l'équipe de conception se sont réunis pour rechercher des voies de solution en se restreignant à n'émettre que les voies de solution respectant tous les objectifs et la plupart des contraintes du projet. Ainsi, la notion de concept global implique une réflexion dans un domaine limité conjointement par les objectifs et les contraintes. Dans un deuxième temps, toutes les propositions ont été considérées pour choisir celle qui répondait le mieux aux objectifs et contraintes du projet.

2.3.2 Design détaillé

Le design détaillé consistait à déterminer la forme, les dimensions, la position et, au besoin, la plage d'ajustement de tous les éléments du poste. Toutes les exigences déterminées aux étapes précédentes se traduisent ici en caractéristiques physiques précises.

CHAPITRE 3 : Démarches préliminaires

3.1 Formation de mécanicien de locomotive

Une version condensée de la formation des mécaniciens de locomotive nous a permis de connaître les principales exigences de la tâche complexe qu'est la conduite de trains.

Le mécanicien doit considérer plusieurs éléments parallèlement. À chaque moment il doit tenir compte du profil de la voie, du poids du train, de la puissance du groupe moteur, de la limite de vitesse imposée, du jeu entre les wagons, de la distribution de la masse, etc.

La conduite de train demande beaucoup d'anticipation. Pour freiner un train de poids moyen circulant à 60 km/h sur un terrain plat, on doit compter quelques kilomètres. Le mécanicien doit donc connaître les caractéristiques de la voie sur laquelle il circule. S'il n'est pas familier avec cette section de voie, il peut consulter des documents conçus à cet effet.

3.1.1 Conclusion de la section

Cette section décrivait brièvement quelques exigences particulières de la tâche de conduite de locomotive. Toute l'information recueillie lors de la formation de mécanicien de locomotive n'est pas rapportée ici. Toutefois, nous avons converti cet

ensemble d'information en terme de points à considérer lors de la conception. En voici la liste :

- toute l'information nécessaire au contrôle du train doit être présentée clairement
- elle doit être concentrée dans une région de l'espace aussi restreinte que possible.

3.2 Entrevues

Les résultats des toutes les entrevues sont rapportés dans ce chapitre bien que certaines aient eu lieu trop tard dans le déroulement du projet pour être considérées comme des démarches préliminaires. L'information ainsi regroupée est plus facile à saisir. De la même façon, les résultats des observations préliminaires ne sont pas détaillés dans ce chapitre mais intégrés aux chapitres suivants. Le but des entrevues diffère selon les interlocuteurs. Il est explicité à chaque sous-section.

3.2.1 Équipages de trains

Les rencontres avec des membres d'équipages ont permis d'obtenir certaines informations autrement inaccessibles, parce qu'ils résultent de l'expérience. Elles donnent aussi une indication des préoccupations des employés. Dans ces entrevues, les participants, en groupes de 10 à 12, exposent leurs difficultés en rapport avec leur travail et leurs perceptions de divers aspects de celui-ci.

3.2.1.1 Aménagement des cabines

Il ressort des entrevues avec les membres d'équipage que leurs principales préoccupations quant à l'aménagement de la cabine sont les suivantes :

- confort thermique l'été et l'hiver et qualité de la ventilation
- qualité de l'éclairage de nuit aux postes de travail
- qualité de l'isolation contre le bruit et les vibrations
- aménagement de l'espace de travail à l'intérieur de la cabine

- certaines caractéristiques des sièges, notamment l'épaisseur de l'assise et du dossier
- aménagement des accès à la cabine et au poste de travail.

En ce qui concerne les commandes et leur manipulation, les mécaniciens rencontrés ont souligné qu'ils préfèrent de loin la console de type conventionnel. Par contre, pour les affichages, ils préfèrent la console de type pupitre. Ces deux types de consoles sont décrits au chapitre suivant traitant de l'étude descriptive des postes, à la sous-section 4.2.1.2. Les mécaniciens souhaitent une console plus petite et plus facile à utiliser dans tous les types d'opération.

Les périodes d'attente sur voie d'évitement peuvent être très longues, particulièrement dans les territoires à voie unique et pour les trains non prioritaires tels les trains de travaux. Les membres d'équipage aimeraient pouvoir incliner davantage le dossier de leur siège pendant ces attentes.

3.2.1.2 Conditions de travail

Nous avons interrogé des membres d'équipages de trains sur leurs conditions de travail. Selon le type de travail, des conditions différentes prévalent. Toutefois, la majorité des employés travaillent à des heures irrégulières. Même ceux qui sont assignés à un train régulier sur la voie principale doivent attendre un appel pour se rendre au travail. Si le train est retardé, leur horaire sera différent.

De façon très générale, les conditions peuvent se diviser en trois catégories :

- mêmes heures tous les jours, cinq jours par semaine
- heures différentes selon la journée, cinq jours par semaine
- sur appel à toute heure, sept jours par semaine.

Malheureusement au CN, la majorité des employés font partie des deux dernières catégories. Comme d'autres travailleurs ayant des conditions similaires, plusieurs éprouvent des troubles du sommeil. Dans ces conditions, on ne peut s'attendre à ce que les employés se présentent au travail toujours reposés et dispos.

3.2.2 Coordonnateurs de trains

D'une manière générale, les entrevues avec les coordonnateurs nous ont permis de vérifier qu'il existe un consensus concernant les préoccupations énumérées à la section précédente. Les coordonnateurs de trains sont naturellement sensibilisés aux préoccupations des équipages de train, à la fois à cause de leur expérience à bord des locomotives et de leurs responsabilités quotidiennes. Ils ont insisté sur l'importance, pour les équipages comme pour les employés chargés de l'entretien, d'un aménagement où l'entretien sanitaire est facile.

3.2.3 Ergonomes des fabricants et de l'AAR

Les entrevues avec les ergonomes des fabricants et de l'AAR et, en particulier, la revue des résultats de l'enquête par questionnaire de GE, nous ont permis de constater que les plaintes et les préoccupations des équipages de train du CN sont

généralisées à l'ensemble de l'Amérique du Nord. Cette constatation démontre que le CN est justifié de souhaiter une amélioration des normes concernant l'aménagement des cabines.

3.2.4 Membres du comité des cabines de locomotive

Les entrevues avec les membres du comité des cabines de locomotive visaient, entre autres, à valider l'existence, la prévalence et l'importance des problèmes mentionnés par les équipages. Cette communication et la revue des spécifications et des travaux déjà entrepris au CN ont permis d'identifier plusieurs problèmes. Toutefois, ceux-ci concernaient surtout d'anciens modèles de locomotive.

Les membres du comité nous ont avisé de nouvelles demandes des membres d'équipage auxquelles le CN avait acquiescé, notamment l'ajout d'un four à micro-ondes dans les cabines.

Les représentants des gens chargés de l'entretien ont insisté sur l'importance de considérer lors de la conception les besoins en termes d'entretien et de réparation.

3.2.5 Spécialistes du CN

Des spécialistes du CN dans les domaines de la convention collective, de la législation ainsi que de la mécanique ont été rencontrés. Ces rencontres ont notamment permis de s'assurer du respect des contraintes.

3.2.6 Conclusion de la section

Cette section décrivait les principaux résultats des diverses entrevues réalisées. Toute l'information recueillie lors des entrevues n'est pas rapportée ici. Nous avons toutefois traduit cet ensemble d'information en terme de points à considérer lors de la conception. En voici la liste :

- s'assurer que la cabine «isolée» répond aux attentes des équipes en matière de qualité de l'environnement
- revoir non seulement l'arrangement mais aussi la conception des commandes
- s'assurer que le siège choisi soit plus maniable et moins encombrant
- permettre d'incliner davantage le dossier des sièges
- permettre d'incliner le dossier des sièges selon des angles variés pour que les membres des équipages puissent modifier leurs positions de repos durant les longues périodes d'attente
- ajouter un four micro-onde, tout en conservant la plaque chauffante
- s'assurer de prendre en considération les besoins en termes d'entretien et de réparation.

CHAPITRE 4 : Analyses

4.1 Revue de la documentation

Une revue de la documentation a été effectuée dans le but d'établir un bilan de l'état des connaissances dans les domaines de la santé et de la sécurité des conducteurs et de la conception de postes de conduite. Elle comprend surtout des textes reliés spécifiquement aux locomotives, mais aussi à d'autres véhicules lourds.

Cette revue a été élaborée à partir de quatre sources principales :

- les bibliothèques des universités de la région de Montréal, de l'IRRSST, de la CSST et des Ministères du Transport du Québec et du Canada
- les bibliothèques privées du CN, de l'AAR et de GE
- les banques informatisées : TRIS, COMPENDEX, NTIS et CCHSST
- les recherches bibliographiques.

Les textes ont été groupés en deux sous-sections. La première regroupe les études traitant des problèmes de santé et de sécurité associés à la tâche de conduite. Elle traite particulièrement du problème des lésions musculo-squelettiques. La seconde traite de facteurs étroitement reliés à l'aménagement physique de postes de conduite.

4.1.1 Santé et sécurité

4.1.1.1 Problèmes musculo-squelettiques

Les sujets les plus fréquents des études portant sur les mécaniciens de locomotive sont les problèmes d'ordre musculo-squelettique. Brulin et al. (1988) ont réalisé une étude parmi les membres du personnel de chemins de fer en Finlande, en Norvège et en Suède. Cette étude a permis de déterminer la prévalence des allégations de problèmes musculo-squelettiques chez 1916 cheminots. Une analyse statistique des interactions entre les variables démontre que la nationalité, l'âge et l'ancienneté constituent des facteurs significatifs dans l'explication des différences entre les groupes.

Brulin et al. (1985) ont déterminé, dans une enquête descriptive, les taux de fréquence des troubles de l'appareil locomoteur chez 660 employés de chemins de fer. Les employés se plaignent principalement de maux aux genoux (40%), à la région lombaire (37%) ainsi qu'aux chevilles et aux pieds (26%). Environ un répondant sur trois déclare avoir souffert de problèmes liés à l'appareil locomoteur au cours des 7 jours précédents. Le pourcentage des employés rapportant des douleurs augmente avec l'âge et l'ancienneté. Une analyse des interactions révèle que la taille, le poids, la nature des tâches et l'emplacement géographique contribuent à expliquer les variations observées dans la fréquence des problèmes locomoteurs.

Dans une étude de McVeigh (1982) où des conducteurs de poids lourds et d'autobus se prononcent sur leurs problèmes de santé, 80% d'entre eux rapportent souffrir de douleurs musculaires et de douleurs au dos. Une autre étude (Patterson et al., 1986)

démontre que les problèmes de dos, dont 43% des répondants se plaignent, sont les plus courants. Kompier et al. ont aussi réalisé une étude en 1984. Parmi les 158 conducteurs questionnés, 57% mentionnent des douleurs au bas du dos, 44% à la nuque, 42% aux épaules et 28% à la partie supérieure du dos.

Plusieurs auteurs, en particulier Swart (1978) considèrent que les vibrations et la posture représentent des facteurs importants pour expliquer les plaintes de problèmes musculo-squelettiques chez les conducteurs.

Hedberg (1987) a étudié la prévalence des symptômes musculo-squelettiques rapportés par les conducteurs professionnels dans six enquêtes. L'une de ces enquêtes porte sur un nouvel aménagement de l'espace de travail de mécaniciens de locomotive. Il conclut qu'il existe une relation entre la prévalence des symptômes ressentis par les conducteurs et le décalage entre les données anthropométriques et les dimensions de l'espace de travail. L'hypothèse de l'inadaptation des dimensions des cabines et particulièrement des postes de conduite est aussi évoquée par Harms, Domnick et Lessing (1988) dans une enquête sur l'état de santé et l'aptitude de membres d'équipages de trains. Les inadaptations observées comprennent les inadaptations d'ordre anthropométrique et bio-cinétique. Cette étude comprend un groupe témoin.

4.1.1.2 Accidents

Une étude réalisée au CN par Wilde et Stinson (1980), classe les accidents survenus dans les cabines et ayant entraîné des blessures, en fonction du siège de la lésion et

de l'élément matériel à l'origine du traumatisme. Les sièges de lésions les plus fréquents sont, en ordre décroissant : les mains et bras, les pieds et jambes, les yeux, le dos, le tronc, le visage et la tête. Les principaux éléments matériels mis en cause sont, d'une part les marches et mains courantes et, d'autre part les portes et fenêtres.

4.1.1.3 Qualité de l'environnement

La qualité de l'environnement thermique, les vibrations, le type de siège et la posture ont été invoqués comme des facteurs pouvant contribuer à l'apparition de maux de dos et d'autres problèmes musculo-squelettiques. Ratner et al. (1983) ont trouvé que le confort thermique se situait, pour la catégorie de travailleurs à laquelle appartiennent les mécaniciens de locomotive, entre 22° et 26° C, avec une humidité relative de 30% à 70% et une vitesse de l'air de 0,2 à 0,4 m/s.

Svensson (1977) rapporte les résultats d'une enquête par questionnaire visant à recueillir l'opinion de mécaniciens de locomotive sur divers problèmes. Cette évaluation subjective portait plus spécifiquement sur les problèmes liés au travail de nuit, au bruit, aux vibrations, à l'entretien des locomotives, à l'exposition au froid et aux courants d'air. L'auteur estime nécessaire d'entreprendre des recherches notamment sur les charges de travail et l'aménagement des cabines.

Une étude de Helmers et al. (1983) démontre que la mauvaise qualité de l'air aurait des effets négatifs sur le confort. Les principales causes identifiées sont les gaz d'échappement, la fumée de cigarette et la qualité du système de ventilation.

Woskie et al. (1988 a, b) rapportent par ailleurs les résultats d'une étude sur l'exposition aux particules respirables. Celle-ci porte sur de plus de 530 cheminots, de quatre compagnies américaines de chemins de fer, dont les activités professionnelles sont réparties en treize types. Les résultats démontrent que le personnel d'entretien est le plus exposé aux gaz d'échappement. Des variations significatives ont été observées d'une compagnie à l'autre. De ceci on peut conclure que des différences au niveau des installations et des méthodes de travail peuvent avoir une influence. Le climat peut aussi avoir un effet sur les résultats.

Les gaz d'échappement des diesels ne sont pas généralement considérés comme asthmatogènes. Cependant, Wade et Newman (1993) rapportent l'apparition d'une pathologie asthmatique chez trois cheminots à la suite d'une exposition excessive aux émanations. Le diagnostic d'asthme a été posé d'après la symptomatologie, les tests de la fonction pulmonaire et la mesure de l'hyper-activité des voies aériennes.

Heino et al. (1978) ont effectué une étude portant sur les conditions de travail et l'état de santé de mécaniciens de locomotive. Des mesures ont été effectuées dans les cabines de 35 locomotives de 15 modèles différents. Beaucoup de locomotives ne rencontraient pas les normes ISO en ce qui à trait au bruit et aux vibrations. Les limites de confort thermique étaient souvent dépassées en été. Les valeurs recommandées étaient respectées pour les concentrations d'oxydes d'azote, d'acroléine, de formaldéhyde et de poussières. L'accès à la cabine et le design des postes de travail laissaient à désirer dans tous les cas. Mais c'est l'irrégularité des horaires qui était le principal problème invoqué par les mécaniciens de locomotive.

4.1.1.4 Fatigue

La fatigue chez les conducteurs est l'une des causes d'accident les plus étudiées. Certains se préoccupent de la relation entre d'une part la fatigue et d'autre part la fréquence et la gravité des accidents. D'autres essaient de mesurer la fatigue des conducteurs. L'interprétation du résultat de ces études est ardue car la notion de fatigue est très difficile à quantifier ou même à qualifier de façon objective.

En général, on recommande d'organiser le travail de façon à avoir des périodes de repos et des pauses suffisamment fréquentes et bien réparties. Miller (1976) a observé l'existence d'un lien entre les heures passées sur la route et le nombre d'erreurs commises par les conducteurs. Pokorny et al. (1987) ont échoué dans leur tentative d'établir un lien entre les séquences de rotation des quarts de travail et le temps des périodes de repos avec les risques d'accidents.

Dans une étude de Bardac (1973), dont les sujets étaient des mécaniciens de locomotive, des observations ont porté sur l'appareil cardio-vasculaire, le système neurovégétatif, la perception visuelle, l'excitabilité corticale et l'attention. Les résultats démontent que les facteurs suivants contribuent à la fatigue : les horaires tournants, la nécessité d'une attention soutenue malgré la monotonie, le stress associé au bruit et aux vibrations, la consommation d'aliments à des heures irrégulières, une alimentation mal équilibrée et une consommation excessive de tabac. Une tendance à l'abaissement de la tension artérielle, l'abaissement du seuil de fusion des images

lumineuses, une baisse de l'attention et une modification de l'excitabilité des centres de la régulation thermique ont été observés sur les sujets de l'étude.

4.1.1.5 Sommeil

Torsvall, Akerstedt et Gillberg (1981) ont étudié le sommeil diurne et nocturne chez deux groupes de mécaniciens de locomotive âgés de 25 à 35 ans et de 50 à 60 ans. Pour les deux groupes, le sommeil diurne était réduit d'environ 3,3 heures. Les mouvements oculaires rapides et le sommeil phase deux étaient le plus souvent affectés. Le taux de somnolence était plus élevé après le travail de nuit qu'après le travail de jour.

4.1.1.6 Stress psychologique

Windberg (1991) propose d'établir des critères pour une conception plus judicieuse des postes de conduite en considérant les caractéristiques de la nature humaine. Il constate que la résistance au stress varie d'un mécanicien de locomotive à l'autre et selon le moment, pour un même mécanicien. Elle dépendrait de :

- sa perception de son travail et de son environnement de travail
- de son état de santé ou de fatigue et de la qualité de son sommeil
- de ses habitudes alimentaires et de vie
- de son milieu familial et social.

4.1.2 Aménagement de postes de conduite

4.1.2.1 Adaptation dimensionnelle des postes

L'intérêt d'adapter les postes de travail aux caractéristiques de la population cible a été démontré par de très nombreuses études surtout depuis la seconde guerre mondiale. Plusieurs de ces études ne sont accessibles que sur des microfilms conservés par la défense britannique, française, canadienne ou américaine. Divers articles et volumes en témoignent cependant et fournissent les références pour les retracer (Fortin et Gilbert, 1987 b, c).

Le concept de l'individu moyen, bien qu'encore utilisé en conception, est à proscrire. Daniels (1952) l'a démontré sans équivoque, il y a plus de 40 ans. À partir des résultats d'une étude anthropométrique effectuée en 1950, portant sur 4063 sujets de l'armée américaine (Hertzberg, Daniels et Churchill, 1954), il a démontré qu'aucun sujet ne se situait entre le 35^e et le 65^e centile, pour 10 variables anthropométriques prédéterminées.

La réduction du pourcentage d'accommodation dans le domaine des postes de conduite d'avions de chasse a été étudiée empiriquement à partir de grands échantillons de sujets. Dans l'ouvrage de Roebuck et al. (1975), on procurait des ajustements permettant d'accommoder chaque variable anthropométrique critique du 5^e au 95^e centile. Malgré cela, le pourcentage global d'accommodation, après 14 variables, descendait à environ 50%.

Les tendances séculaires doivent être considérées. Le projet Météor (Roebuck, 1975) illustre les problèmes auxquels on s'expose en omettant celles-ci. Quinze ans se sont écoulés entre le début de la conception et la mission proprement dite. Parce que les concepteurs avaient omis de considérer l'accroissement séculaire, le pourcentage de la population accommodée était réduit de près de 20%.

4.1.2.2 Conception de cabine de locomotive

La dernière étude d'envergure au sujet de la conception ergonomique d'une locomotive a été réalisée chez Boeing en 1976 (Robinson et al.). Cette étude est fondée essentiellement sur l'analyse théorique de la tâche. Pour déterminer le type et la position relative des indicateurs et des commandes, on ne considère que le nombre de sous-tâches dans lesquelles ils sont impliqués. Elle ne tient compte ni des fréquences, ni des durées réelles d'utilisation, ni des liaisons existantes.

4.1.3 Conclusion de la section

La plupart des études traitant de santé, sécurité, confort et fatigue ont été faites essentiellement à l'aide de questionnaires, sans aucune validation médicale. Rares sont les études où l'on utilise des questionnaires normalisés. De plus, elles ne comprennent que très rarement un groupe témoin. De telles enquêtes peuvent refléter fidèlement les perceptions des personnes interrogées, mais elles ne représentent pas objectivement la nature, la fréquence et la gravité des problèmes.

Chiron (1983), après avoir compilé des études descriptives et épidémiologiques réalisées durant vingt ans, déplore le manque de justesse scientifique dans les méthodologies et les diagnostics de la très grande majorité de ces études. L'exemple suivant démontre combien il faut être prudent lorsque l'on recherche de l'information objective dans la littérature médicale. Plusieurs auteurs ont associé certaines maladies cardiaques, le cancer du poumon, des troubles de la vessie et les risques de stérilité au travail de conducteur. Pourtant, une étude de Thériault et al. (1986) démontre que les différences entre l'incidence de ces maladies chez les conducteurs et chez le reste de la population ne sont pas significatives si l'on tient compte des effets du tabagisme et du milieu socio-économique.

Puisque la plupart des études reposent sur les résultats de questionnaires, il faut mentionner que la façon dont les questionnaires sont administrés importe également. Une étude réalisée auprès de cheminots par Andersson et al. (1987) le démontre. Dans cette étude, un questionnaire normalisé a été distribué de deux manières différentes. La première était une étude de groupe dans laquelle toutes les questions portaient sur les troubles musculaires ou squelettiques. La seconde était faite à l'occasion de l'examen général de santé. Les auteurs ont observé des différences dans les fréquences de certains troubles locomoteurs selon la méthode.

Les paragraphes précédents expliquent pourquoi nous n'avons pas considéré les résultats de la grande majorité des études portant sur la santé et la sécurité. Nous avons plutôt choisi de nous appuyer sur les connaissances de base de la physiologie, l'anatomie, l'anthropométrie, la pathologie et la biomécanique.

La liste suivante résume les informations que nous avons choisi de conserver, exprimées en terme de points à considérer lors de la conception :

- s'assurer que la cabine dite «isolée» répond à la majorité des problèmes soulevés en matière de qualité de l'environnement
- déterminer les dimensions du poste à partir des variables anthropométriques pertinentes
- considérer l'accroissement séculaire
- choisir le type et la position relative des commandes et des affichages selon l'analyse théorique de la tâche ainsi que l'analyse de la tâche réelle.

4.2 Étude descriptive des postes

4.2.1 Types d'aménagement observés

4.2.1.1 Arrangement général des locomotives

Divers types de locomotives sont utilisés au CN. L'arrangement général de la locomotive de la figure 4.1 est le plus courant.

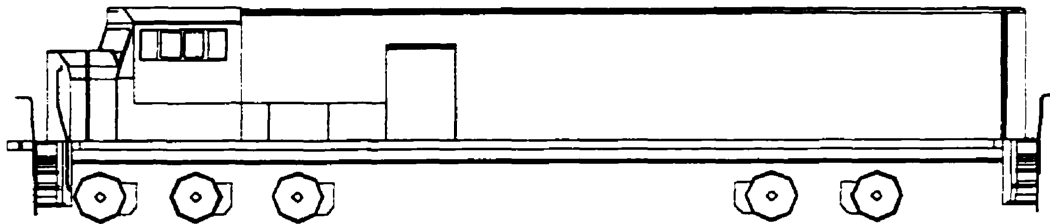


Figure 4.1 : Arrangement général des locomotives le plus courant

Parmi les locomotives qui possèdent cet arrangement général, on retrouve plusieurs types d'aménagement des cabines. Les cabines diffèrent quant aux types de postes de travail, de sièges, de toilettes, de réfrigérateurs et d'autres détails.

Divers inconvénients communs à tous les types d'aménagement de locomotive ont par ailleurs été notés, notamment :

- la circulation y est souvent difficile
- la ventilation est inadéquate
- la poubelle est trop petite, de même que son ouverture

- la poubelle et le distributeur à essuie-mains sont trop éloignés des postes de travail
- les toilettes, dans les locomotives observées, sont démunies de lavabo
- les sièges étaient souvent inadéquats. Ils ne répondaient pas tous aux dernières exigences du CN.

4.2.1.2 Console du mécanicien de locomotive

Les locomotives observées comportaient deux types de console différents :

- la console de type pupitre
- la console de type conventionnel

La console du mécanicien de locomotive de type pupitre est située sous le pare-brise, à droite lorsqu'on regarde vers le nez court. Le plan des commandes est à peu près horizontal. Le mécanicien y travaille le corps et la tête tournés vers l'avant. Théoriquement, il peut conduire assis ou debout.

Dans les locomotives avec console de type pupitre, diverses interférences ont été notées au niveau des genoux, sous le pupitre. À bord d'une locomotive de modèle récent, une poignée soudée sur le panneau d'accès pour l'entretien interfère particulièrement avec les genoux. Dans un autre modèle, la valve d'ajustement de la pression d'air nuit considérablement au genou droit. Dans certains modèles, le repose-pied est trop court de sorte que si les jambes n'entrent pas sous la console, les pieds n'ont aucun appui.

La console de type conventionnel est généralement située près du centre de la cabine, à droite lorsqu'on regarde vers le nez court. Elle ressemble à un muret dont l'axe longitudinal est à peu près parallèle à celui de la locomotive. Les commandes et les affichages sont logés sur la surface verticale. Le siège du mécanicien est situé entre la console et le mur de droite. La conduite s'y fait assis. Le corps peut être tourné face au nez court, à la console ou au nez long, selon le sens de marche et le type d'opération.

Une interférence a été notée entre le levier du frein indépendant et l'appui-bras gauche à bord de la plupart des locomotives équipées de consoles conventionnelles. La commande du frein indépendant interfère avec le genou gauche, particulièrement au moment de s'asseoir. Il faut en conséquence éloigner le siège de la console, tout en évitant qu'il ne vienne en contact avec le mur à chaque fois qu'on voudra le tourner. L'appui-bras droit interfère fréquemment avec le mur de côté.

4.2.2 Champ de visibilité dans les locomotives actuelles

4.2.2.1 Représentation tridimensionnelle de la locomotive

Un dessin tridimensionnel de la locomotive a été effectué à l'aide d'un logiciel de dessin assisté par ordinateur. Il a été réalisé à partir de dessins en projection orthogonale fournis par GM, le fabricant des locomotives comprenant la cabine dite «isolée». Par la suite, certaines dimensions, dont la précision importait particulièrement pour la délimitation du champ visuel, ont été mesurées sur une de ces

locomotives. Ces mesures ont permis de modifier le dessin de la cabine de façon à ce qu'il soit plus conforme à la réalité.

Ce dessin, utilisé à diverses étapes du projet, a d'abord permis d'évaluer la grandeur et la position du champ de visibilité des mécaniciens dans les locomotives actuelles.

4.2.2.2 Validation du dessin et détermination du champ de visibilité

Les coordonnées des positions extrêmes des yeux des mécaniciens ont été déterminées à partir des données anthropométriques pertinentes et de l'aménagement actuel des cabines. À partir d'une de ces coordonnées, choisies à la limite de la zone ovoïde où sont situés les yeux, des lignes passant aux limites du champ de visibilité ont été tracées. Ces limites étaient des points sur le cadre de la fenêtre, pour la partie supérieure du champ. Elles étaient les arêtes de la partie saillante du nez court de la locomotive, pour la partie inférieure.

Les limites du champ de visibilité ont également été mesurées sur le terrain. Des rayons au laser remplaçaient les lignes passant aux limites du champ de visibilité. Les points à l'intersection des rayons délimitant le champ de visibilité et d'une surface verticale devant la locomotive ont été mesurés. Ces points ont été rapportés dans le dessin en trois dimensions, sur une surface virtuelle ayant la même position relative par rapport à la locomotive.

Les champs de visibilités déterminés par l'une ou l'autre des méthodes devraient être identiques. Pourtant, ils diffèrent. La figure 4.2 illustre les différences observées en

prolongeant les rayons au-delà de la surface verticale, jusqu'à une surface horizontale représentant le sol. La plus grande différence observée entre deux points correspondants est de 116 cm dans le sens longitudinal. La différence moyenne est de 58 cm. Ils ne sont pas tous représentés.

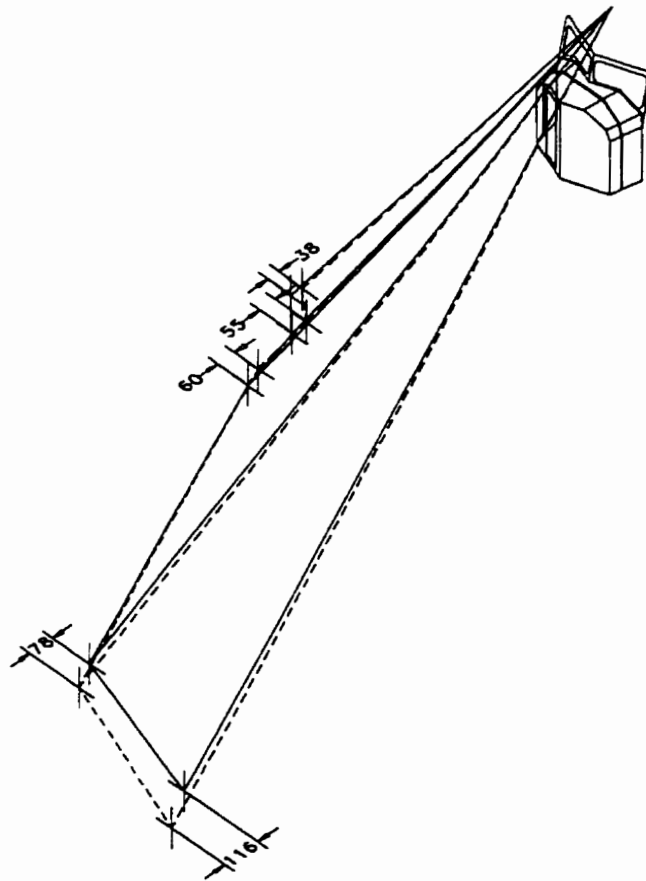


Figure 4.2 : Comparaison des champs de visibilité au sol selon la méthode

L'angle entre deux lignes correspondantes donne une meilleure indication de l'erreur que les distances. Ces angles ont été mesurés dans le plan formé par chacune de ces paires de lignes. Ils varient entre $0,78^\circ$ et $1,57^\circ$. La moyenne des angles est de $1,06^\circ$.

Une telle différence représente un pourcentage d'erreur jugé acceptable, dans ce contexte.

4.2.3 Conclusion de la section

Cette section décrivait les principaux types d'aménagement de locomotive observés. Tous les détails de cette étape ne sont pas rapportés ici. Toutefois, nous avons traduit l'ensemble des informations recueillies en terme de points à considérer lors de la conception, dont voici la liste :

- permettre une circulation aisée à bord des cabines
- éliminer les interférences, particulièrement au niveau des genoux, pour une tranche aussi large que possible de la population cible
- permettre aux mécaniciens de locomotive à leur poste de conduite de modifier la position de leurs jambes
- prévoir un ou des emplacements pour la poubelle et la boîte à essuie-mains accessibles à partir des deux postes
- prévoir des emplacements pour écrire et pour déposer une tasse, des aliments, etc.
- tenter d'éliminer l'obstruction créée par le nez court de la locomotive dans le champ de visibilité à l'extérieur
- utiliser, au besoin, le dessin tridimensionnel de la locomotive.

4.3 Enquête par questionnaire

Deux cent douze employés ont répondu au questionnaire. Il a permis de connaître le degré de satisfaction moyen des usagers face à des éléments particuliers de l'aménagement. La dispersion des réponses a aussi été considérée. En effet, il faut être prudent dans l'interprétation des résultats. Un élément particulier de la cabine peut obtenir une cote moyenne ou même bonne, bien qu'une fraction importante des répondants l'ait jugé mauvais. Une absence de consensus peut être le reflet d'une multiplicité des équipements utilisés, d'une inadaptation à une tranche de la population ou simplement d'une interprétation différente de la question. Les résultats ont donc été analysés en considérant la dispersion des opinions autant que le résultat moyen. Globalement, les résultats du questionnaire ont validé ceux des entrevues.

4.3.1 Qualité de l'environnement

Près de 93% des répondants estiment que le bruit ambiant nuit parfois ou souvent à l'exécution de leur travail. Seul 1% des répondants au questionnaire n'ont pas répondu à cette question.

Plus de 70% croient que les conditions environnementales suivantes réduisent parfois ou souvent leur habileté à réaliser leur travail : temps froid, temps chaud, vibrations, mauvaise qualité de l'air et odeurs. Environ 4% des répondants n'ont pas répondu aux questions portant sur ces aspects de l'environnement.

4.3.2 Problèmes de visibilité

Près de 80% des répondants estiment que leur vision est affectée parfois ou souvent durant leur travail par la pluie ou le brouillard. Plus de 70% croient que leur vision est affectée parfois ou souvent durant l'hiver par l'une de ces conditions : reflets, éblouissement par la neige, averses de neige, etc. Moins de 4% des répondants n'ont pas répondu à ces questions portant sur les problèmes de visibilité dus aux conditions climatiques.

4.3.3 Informations visuelles

On a demandé aux répondants d'écrire pour chaque type d'information visuelle si elle est essentielle, importante, utile ou inutile. Le pourcentage de ceux qui croient qu'une information est essentielle ou importante est inscrit à la colonne identifiée E, I du tableau 4.1. Le pourcentage de ceux qui estiment qu'elle est utile ou inutile est à la colonne identifiée U, I. Les répondants devaient répondre aux mêmes questions pour des types d'opération différents : sur la voie principale et dans une cour de triage. Pour chacun des types, environ 40% des répondants n'ont pas répondu. Ce pourcentage apparemment élevé est probablement dû au fait que plusieurs ne travaillent que dans l'une ou l'autre de ces conditions.

Pratiquement tous les répondants à cette question estiment essentiel ou important de voir les signaux, les enseignes et les drapeaux sur la voie principale. Le pourcentage relativement peu élevé pour l'importance accordée au personnel au sol ainsi qu'aux événements imprévus peut surprendre. Nous présumons que les répondants ont pris

en considération le fait qu'il n'est pas fréquent de devoir réagir à la présence d'une personne ou d'un obstacle sur la voie.

Tableau 4.1 : Pourcentages concernant les informations visuelles

	Voie principale		Cour de triage	
	E, I	U, I	E, I	U, I
Personnel au sol	52	9	58	4
Enseignes et drapeaux	60	1	49	11
Signaux	62	1	53	6
Événements imprévus	50	6	45	7

4.3.4 Caractéristiques des sièges

Dans le tableau suivant, le pourcentage de ceux qui trouvent une des caractéristiques excellente ou bonne sont dans la colonne identifiée E, B. Ceux qui trouvent cette caractéristique acceptable ou inacceptable sont regroupés dans la colonne identifiée A, I. De 77 à 90% des répondants au questionnaire ont répondu aux questions de ce groupe.

Les opinions recueillies sur les sièges sont défavorables. Cependant, elles ne concernent pas nécessairement les sièges conçus selon les plus récentes normes du CN. Elles touchent l'ensemble des sièges actuellement utilisés à bord des locomotives.

Tableau 4.2 : Pourcentages concernant les caractéristiques des sièges

	E, B	A, I
Confort	25	65
Ajustements	25	64
Repose-pied	20	57
Possibilité de rotation	27	60
Appuis-bras	34	51
Espace pour les jambes	38	51

4.3.5 Importance relative des caractéristiques des sièges

On a demandé aux répondants de classer les principales caractéristiques d'un siège selon l'importance qu'ils leur accordaient. Plus de 80% des répondants au questionnaire ont répondu à cette question.

Voici, la liste des caractéristiques en ordre décroissant, selon l'importance que leur accordent les répondants :

- confort
- ajustements
- espace pour les jambes
- appuis-bras
- possibilité de rotation
- repose-pied

4.3.6 Comparaison des commandes des deux types de consoles

Nous avons demandé aux répondants leur appréciation des principales commandes, pour les deux types de consoles. Le degré de satisfaction peut être influencé par le type de commande, par sa position, par sa maniabilité, etc. Le tableau 4.3 indique les résultats en pourcentages, pour chaque type d'opération. Les catégories excellent et bon design ont été regroupées en une seule colonne identifiée par les lettres E, B. Les catégories acceptable et inacceptable sont à la colonne voisine identifiée par les lettres A, I.

Ce groupe de questions s'adressait particulièrement aux mécaniciens de locomotive. Plusieurs d'entre eux pouvaient répondre pour un type d'opération seulement. Selon le type d'opération, de 31 à 58% des répondants au questionnaire ont répondu. Pour pouvoir comparer les deux types de consoles, les pourcentages sont calculés en ne considérant que les répondants au questionnaire ayant répondu à chaque question spécifique.

Le tableau 4.3 montre que toutes les commandes de la console de type conventionnel sont nettement préférées à celles de la console de type pupitre, et ce dans tous les types d'opération.

Tableau 4.3 : Pourcentages concernant les commandes

	Type de console	Voie principale		Manoeuvre		Cour de triage		Travaux	
		E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I
Frein automatique	Conventionnel	90	10	86	14	76	24	87	13
	Pupitre	58	42	33	67	25	75	29	71
Purgeur	Conventionnel	88	12	87	13	75	25	88	12
	Pupitre	44	56	34	66	23	77	31	69
Frein rhéostatique	Conventionnel	85	15	81	19	64	36	79	21
	Pupitre	67	33	46	54	35	65	42	58
Frein indépendant	Conventionnel	89	11	86	14	74	26	85	15
	Pupitre	60	40	42	58	31	69	34	66
Inverseur	Conventionnel	93	7	86	14	78	22	89	11
	Pupitre	68	32	48	52	41	59	45	55
Accélérateur	Conventionnel	91	9	89	11	79	21	89	11
	Pupitre	61	39	39	61	30	70	32	68

4.3.7 Importance relative des commandes

Le tableau 4.4 indique l'ordre d'importance subjective des commandes par type d'opération. Selon les types d'opération, de 39 à 64% des répondants au questionnaire ont répondu. Ils ont accordé une note de 1 à 6 à chaque commande. Le chiffre 1 correspond à la commande jugée la plus importante. Lorsqu'il n'y a pas de différence significative entre plusieurs rangs, le même rang moyen a été accordé à chacun. On peut noter que, tel que prévu, les résultats diffèrent selon le type

d'opération. Nous considérerons surtout les résultats pour la conduite en voie principale. Toutefois, l'importance relative du frein indépendant pour les autres types d'opération sera aussi considérée.

Tableau 4.4 : Ordre d'importance relative des commandes

	Voie principale	Manoeuvre	Cour de triage	Travaux
Frein automatique	1	1	4	2
Accélérateur	2	2,5	2	2
Purgeur	3	4	5	4,5
Frein indépendant	4,5	2,5	1	2
Frein rhéostatique	4,5	6	6	6
Inverseur	6	5	3	4,5

4.3.8 Comparaison des interrupteurs des deux types de consoles

Les répondants ont donné leur appréciation des principaux interrupteurs, pour les deux types de consoles. Le tableau 4.5 indique les pourcentages obtenus pour les divers types d'opérations. Selon le type d'opération, de 29 à 58% des répondants au questionnaire ont répondu. Pour pouvoir comparer les deux types de consoles, les pourcentages sont calculés en ne considérant que les répondants au questionnaire ayant répondu à chaque question spécifique.

Le design des interrupteurs est généralement considéré comme excellent ou bon (colonne E, B). Les lettres A et I signifient acceptable et inacceptable. Dans l'ensemble, la différence entre les résultats selon les types de console n'est pas significative. Chaque interrupteur devra être considéré individuellement.

Tableau 4.5 : Pourcentages concernant les interrupteurs

	Type de console	Voie principale		Manoeuvre		Cour de triage		Travaux	
		E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I
Cloche	Conventionnel	68	32	65	35	62	38	64	36
	Pupitre	74	26	73	27	59	41	70	30
Sifflet	Conventionnel	79	21	78	22	74	26	77	23
	Pupitre	74	26	74	26	60	40	69	31
Sablage manuel	Conventionnel	58	42	52	48	44	56	51	49
	Pupitre	52	48	54	46	46	54	49	51
Sablage automatique	Conventionnel	66	34	58	42	46	54	57	43
	Pupitre	60	40	59	41	55	45	54	46
Homme-mort, main	Conventionnel	64	36	58	42	51	49	57	43
	Pupitre	73	27	67	33	58	42	65	35
Homme-mort, pied	Conventionnel	68	32	68	32	62	38	63	37
	Pupitre	65	35	64	36	56	44	59	41
Phares, avant arrière	Conventionnel	68	32	65	35	64	36	66	34
	Pupitre	73	27	73	27	62	38	66	34
Phares pour fossés	Conventionnel	61	39	60	40	58	42	61	39
	Pupitre	75	25	81	19	73	27	76	24
Générateur champ	Conventionnel	84	16	84	16	80	20	82	18
	Pupitre	60	40	61	39	56	44	57	43
Pompe à essence	Conventionnel	84	16	83	17	79	21	81	19
	Pupitre	60	40	62	38	56	44	57	43
Marche du moteur	Conventionnel	83	17	84	16	81	19	81	19
	Pupitre	61	39	62	38	58	42	60	40
Lumières intérieures	Conventionnel	40	60	39	61	29	71	36	64
	Pupitre	60	40	60	40	51	49	53	47

4.3.9 Importance relative des interrupteurs

Le tableau 4.6 indique l'ordre d'importance subjective des interrupteurs par type d'opération. Selon les types d'opération, de 31 à 59% des répondants au questionnaire ont répondu. Lorsqu'il n'y a pas de différence significative entre plusieurs rangs, le même rang moyen a été accordé à chacun afin de faciliter les comparaisons. Les répondants ont accordé des notes de 1 pour le plus important, jusqu'à 12 pour le moins important.

L'importance relative accordée aux divers interrupteurs varie peu selon les types d'opération. Nous considérerons les résultats pour la conduite en voie principale, qui sont similaires à ceux des autres types d'opération à une seule exception près.

Tableau 4.6 : Ordre d'importance relative des interrupteurs

	Voie principale	Manoeuvre	Cour de triage	Travaux
Sifflet	1	1,5	2	1,5
Cloche	2	1,5	1	1,5
Phares avant et arrière	3	4	3,5	3,5
Homme-mort, main	4,5	4	3,5	3,5
Phares pour fossés	4,5	4	9	5,5
Homme-mort, pied	6	6	6	5,5
Lumière intérieure	7	8,5	6	7,5
Sablage manuel	9	8,5	6	7,5
Sablage automatique	9	8,5	9	9,5
Excitation de la génératrice	9	8,5	9	9,5
Pompe à carburant	11,5	11,5	11,5	11,5
Marche du moteur	11,5	11,5	11,5	11,5

4.3.10 Comparaison des affichages des deux types de consoles

Les répondants ont donné leur appréciation des principaux affichages, pour les deux types de consoles. Le tableau 4.7 indique les pourcentages obtenus pour les divers types d'opération. Selon le type d'opération, de 24 à 59% des répondants au questionnaire ont répondu. Pour pouvoir comparer les deux types de consoles, les

pourcentages sont calculés en ne considérant que les répondants au questionnaire ayant répondu à chaque question spécifique.

Les affichages sont généralement considérés comme excellent ou bon, indiqués par les lettres E et B. Les lettres A et I signifient acceptable et inacceptable. Dans l'ensemble, la différence entre les résultats selon les types de console n'est pas significative. Chaque affichage sera considéré individuellement.

Tableau 4.7 : Pourcentages concernant les affichages

	Type de console	Voie principale		Manoeuvre		Cour de triage		Travaux	
		E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I
Indicateur de vitesse	Conventionnel	67	33	73	27	58	42	70	30
	Pupitre	81	19	81	19	70	30	76	24
Accéléromètre	Conventionnel	72	28	74	26	58	42	74	26
	Pupitre	77	23	75	25	67	33	71	29
Ampèremètre	Conventionnel	76	24	79	21	69	31	78	22
	Pupitre	76	24	70	30	68	32	68	32
Réservoir principal	Conventionnel	73	27	77	23	65	35	75	25
	Pupitre	74	26	74	26	66	34	68	32
Cylindre de frein	Conventionnel	71	29	75	25	63	37	74	26
	Pupitre	72	28	68	32	64	36	64	36
Débitmètre	Conventionnel	69	31	71	29	60	40	73	27
	Pupitre	49	51	54	46	52	48	50	50
Compteur pieds (TIBS)	Conventionnel	57	43	65	35	48	52	65	35
	Pupitre	65	35	68	32	64	36	64	36
Pression d'air (TIBS)	Conventionnel	58	42	67	33	60	40	66	34
	Pupitre	69	31	70	30	66	34	66	34

4.3.11 Importance relative des affichages

Le tableau 4.8 indique l'ordre d'importance subjective des affichages par type d'opération. Lorsqu'il n'y avait pas de différence significative entre plusieurs rangs, le même rang moyen a été accordé à chacun afin de faciliter les comparaisons entre les types d'opération. Une appréciation de 1 pour le plus important, jusqu'à 8 pour le moins important a été accordée aux différents affichages.

Les résultats diffèrent selon le type d'opération. Nous considérerons surtout les résultats pour la conduite en voie principale. Toutefois, l'importance relative accordée au manomètre du cylindre de frein ainsi que le peu d'importance accordée à celui du TIBS, pour les autres types de d'opération, seront considérées.

Tableau 4.8 : Ordre d'importance relative des affichages

	Voie principale	Manoeuvre	Cour de triage	Travaux
Indicateur, vitesse	1	1	2	1
Ampèremètre	2	2	2	2,5
Débitmètre	3,5	3,5	5	4,5
Pression d'air (TIBS)	3,5	7	7,5	7
Réservoir principal	5	5	4	4,5
Accéléromètre	6,5	7	6	7
Compteur de pieds (TIBS)	6,5	7	7,5	7
Cylindre de frein	8	3,5	2	2,5

4.3.12 Poste du chef de train

Les répondants ont donné leur appréciation des principaux éléments du poste du chef de train. Le tableau 4.9 indique les pourcentages obtenus pour les divers types d'opération. Selon le type d'opération, de 38 à 64% des répondants ont répondu à cette question.

Une minorité des répondants estiment excellent ou bon le design des divers éléments du poste de chef de train (colonne E, B). La majorité des répondants le trouve acceptable ou inacceptable (colonne A, I).

Tableau 4.9 : Pourcentages concernant le poste du chef de train

	Voie principale		Manoeuvre		Cour de triage		Travaux	
	E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I	E, B	A, I
Table de travail	17	46	8	29	10	35	7	29
Frein d'urgence	35	27	20	17	27	20	20	16
Éclairage	15	46	9	28	12	34	8	27
Indicateur de vitesse	30	30	13	23	15	31	12	22
Espace de rangement	26	36	15	22	16	31	14	22

4.3.13 Système de communication

Les répondants ont donné leur appréciation des principales caractéristiques du système de communication. Le tableau 4.10 indique les pourcentages obtenus. Plus de 90% des répondants au questionnaire ont répondu à cette question.

Une minorité des répondants estime excellent ou bon le design des divers éléments du système de communication (colonne E, B). Afin de mettre en évidence le taux de rejet élevé, les catégories acceptable et inacceptable ont été séparées en deux colonnes respectivement identifiées par A et I.

Tableau 4.10 : Pourcentages concernant le système de communication

	E, B	A	I
Qualité du son	26	39	29
Emplacement des haut-parleurs	22	32	40
Emplacement du radio	34	34	25
Combiné	32	34	28

4.3.14 Aménagement général

Le tableau 4.11 indique les pourcentages obtenus concernant divers éléments de l'aménagement général. Plus de 90% des répondants au questionnaire ont répondu à cette question.

Une minorité des répondants estiment excellent ou bon le design de ces éléments (colonne E, B). Les catégories acceptable et inacceptable ont été divisées en deux colonnes respectivement identifiées A et I. Le taux de rejet varie beaucoup selon l'élément d'aménagement. Chacun sera considéré individuellement.

Tableau 4.11 : Pourcentages concernant l'aménagement général

	E, B	A	I
Espaces de rangement	26	34	32
Réfrigérateur	44	39	11
Plaque chauffante	43	32	17
Toilette	33	34	26
Accès à la locomotive	37	44	12
Outils	44	34	15

4.3.15 Conclusion de la section

L'information recueillie lors de l'enquête par questionnaire a été synthétisée dans cette section. Les résultats concordaient avec ceux des observations sur le terrain. Ils ont été considérés par l'équipe de conception pour les traduire en terme de points à considérer lors de la conception.

Voici la liste des principaux points :

- s'assurer que la cabine «isolée» répond aux attentes des équipes en matière de qualité de l'environnement
- considérer l'utilisation de caméras dont le spectre s'étendrait dans l'infrarouge pour assister la vision par temps pluvieux ou brumeux. Elles seraient utiles également pour le travail de nuit. Elles permettraient en particulier au mécanicien de connaître plus facilement la position de ses coéquipiers ou d'autres personnes. L'efficacité de cette détection par temps froid devrait être évaluée de même que les moyens de la renforcer.
- augmenter le champ de visibilité à l'extérieur
- s'assurer que les nouveaux sièges répondent aux attentes des équipages
- identifier et reproduire les caractéristiques des commandes de la console de type conventionnel responsables de l'opinion très favorable des usagers
- considérer l'ordre obtenu pour déterminer la position des commandes, des interrupteurs et des affichages. D'autres critères doivent cependant être considérés.
- déterminer les raisons pour lesquelles, en conduite sur voie principale, les affichages de la console de type pupitre sont préférés, à l'exception de celui du débitmètre
- considérer les exigences différentes selon les types d'opération
- revoir complètement l'aménagement du poste du chef de train
- porter une attention particulière au choix et à la position du système de communication

- accorder une importance particulière à l'aménagement général, surtout à la toilette et aux espaces de rangement pour les effets personnels : sac, vêtements, documents, etc.

4.4 Caractéristiques anthropométriques

Il est essentiel de tenir compte de la variabilité des dimensions anthropométriques. Les dimensions anthropométriques d'un opérateur détermineront les postures qu'il pourra adopter et les forces qu'il pourra exercer. Il est particulièrement désirable que l'opérateur puisse utiliser diverses postures pour exécuter chacune des tâches. En effet, toute posture, même la plus confortable, devient rapidement pénible lorsqu'elle doit être maintenue trop longtemps. Cette sensation d'inconfort augmente d'autant plus rapidement que la posture doit être maintenue plus rigidement.

En général, dans le cas de postes de conduite de véhicules, l'adaptation anthropométrique se traduit par des ajustements. Cependant, il arrive fréquemment que, pour des raisons techniques ou économiques, on ne puisse adopter des plages d'ajustement permettant d'accommoder une fraction importante de la population cible.

Il importe de prendre en considération les variables anthropométriques pertinentes, déterminées par l'analyse du poste. Ces variables sont souvent nombreuses. Elles doivent être ordonnées selon leur importance par rapport au respect des exigences de la tâche.

L'utilisation du modèle mathématique de la multinormale permet de définir les sujets possédant des combinaisons de segments corporels extrêmes. Tenter de retrouver ces sujets dans la population cible est utopique. Cependant, des représentations tridimensionnelles de ceux-ci peuvent être générées par ordinateur. Le modèle mathématique de la multinormale est utilisé explicitement dans le logiciel Safework. À

l'aide du logiciel, des sujets virtuels ont pu être incorporés à la représentation tridimensionnelle des postes de conduite afin de vérifier le pourcentage d'accommodation de la population qu'ils représentent.

4.4.1 Données anthropométriques de l'échantillon du CN

L'analyse des résultats de la prise de mesures sur les employés du CN nous a permis de comparer leurs caractéristiques anthropométriques à celles des populations canadienne et américaine en âge de travailler. Le tableau de l'annexe I rassemble les données recueillies sur les employés du CN.

Le tableau 4.12 regroupe les statistiques obtenues à partir de l'échantillon de 191 sujets masculins du CN. Les longueurs sont données en centimètres. Il contient la moyenne arithmétique, l'écart type, les valeurs minimum et les maximum ainsi que quelques centiles pour chacune des variables anthropométriques mesurées.

Des études comparatives n'ont pu être effectuées pour les sujets féminins. Ils étaient trop peu nombreux pour tirer des conclusions statistiquement valables.

Tableau 4.12 : Statistiques sur l'anthropométrie de l'échantillon masculin du CN

	Moyenne	Écart type	Min.	Centiles					Max.
				2,5 ^e	5 ^e	50 ^e	95 ^e	97,5 ^e	
Expérience (an)	16,3	7,68	0,0	1,0	3,5	18,0	29,0	30,0	39,0
Âge (an)	40,3	6,53	25,0	27,0	29,0	40,0	51,0	54,0	58,0
Poids (kg)	82,8	11,48	48,2	59,5	63,5	84,0	97,0	99,0	118,5
Stature	177,2	5,89	165,0	165,5	168,0	177,0	189,0	190,5	195,0
Hauteur épaules	150,5	5,72	134,0	141,0	141,0	150,0	161,0	163,0	167,0
Dos-centre main	75,9	4,71	63,0	66,0	67,0	76,0	83,0	85,0	90,0
Épaule-coude	38,6	2,28	33,0	34,0	35,0	38,0	42,0	43,0	44,0
Coude-centre main	39,8	3,29	33,0	34,0	35,0	39,5	46,0	48,0	49,0
Fessier-genou	60,3	3,57	53,0	54,0	55,0	60,0	67,0	67,0	70,0
Hauteur genou	56,2	2,92	49,0	50,0	51,0	56,0	61,0	62,0	65,0
Stature, assis	135,1	5,38	120,0	126,0	126,0	135,0	145,0	145,5	147,0
Largeur épaules	49,4	4,02	39,0	42,0	44,0	49,0	57,0	59,0	60,0
Largeur hanches	41,7	5,58	30,0	33,0	33,0	41,0	52,0	54,0	59,0

4.4.2 Comparaison entre la population canadienne et l'échantillon du CN

Les données recueillies sur l'échantillon du CN ont été comparées à celles d'une étude réalisée en 1974 sur 565 sujets des Forces armées canadiennes (McCann et al., 1975). Si on considère les données brutes, la moyenne des statures de la

population du CN est plus grande de 1,7 cm que celle de l'échantillon de l'armée canadienne.

L'accroissement séculaire doit être considéré. On évalue l'accroissement séculaire de la stature à environ 0,8 cm par décade. L'écart entre les moyennes des statures correspond donc approximativement à l'accroissement séculaire pour deux décennies (entre 1974 et 1995).

Les variations dues à l'âge doivent aussi être considérées. L'âge moyen des hommes mesurés au CN est plus élevé que celui des hommes de l'autre groupe. On calcule en moyenne une réduction de la stature d'environ 2 cm entre 30 et 50 ans. Pour être équivalente à un échantillon du même âge, la population du CN aurait donc dû être plus petite d'environ 1 cm.

On a aussi noté une différence du poids moyen de 5,8 kilogrammes. Cette différence s'explique sans doute par la forte proportion (44%) de sujets âgés de 17 à 30 ans dans l'échantillon des Forces armées. En effet, chez les hommes, le poids augmente rapidement entre 30 et 50 ans, avant de devenir relativement stable.

Les variables anthropométriques de l'étude des Forces armées diffèrent de celles de l'étude du CN. Par conséquent, des comparaisons ont pu être effectuées sur 6 variables seulement. Elles sont regroupées au tableau 4.13. Les longueurs y sont données en centimètres.

Tableau 4.13 : Comparaison entre la population canadienne et l'échantillon CN

	Moyenne		Écart type		Centiles					
	CN	can.	CN	can.	CN	can.	CN	can.	CN	can.
					5°	5°	50°	50°	95°	95°
Âge (année)	40,3	31,5	6,53	8,17	29,0	19,3	40,0	31,0	51,0	44,9
Poids (kg)	82,8	77,0	11,5	11,7	63,5	59,4	84,0	76,2	97,0	95,7
Stature	177,2	175,1	5,89	6,32	168,0	164,8	177,0	174,7	189,0	185,2
Dos-centre main	75,9	75,4	4,71	4,24	67,0	69,2	76,0	75,0	83,0	82,4
Stature, assis	135,1	134,3	5,38	3,37	126,0	128,9	135,0	134,1	145,0	139,7
Largeur épaules	49,4	47,8	4,02	2,75	44,0	43,5	49,0	47,5	57,0	51,4

4.4.3 Comparaison entre la population américaine et l'échantillon du CN

Le nouvel aménagement des cabines est destiné à la fois aux populations canadiennes et américaines. Les dimensions des postes de travail doivent donc tenir compte des caractéristiques anthropométriques de la population américaine. La stature des canadiens est, en moyenne, plus petite que celle des américains. Elle est aussi plus homogène.

Le tableau 4.14 compare les données de l'échantillon du CN à celles d'une étude effectuée en 1988 sur le personnel des Forces armées américaines (Gordon et al., 1989). Les longueurs y sont exprimées en centimètres. La stature de l'échantillon du CN est, en moyenne, plus grande de 1,6 cm que l'échantillon de la population américaine mesuré.

Si on considère un accroissement séculaire de 0,8 cm, la différence devient 0,8 cm. Étant donné que l'âge des sujets de l'armée américaine n'est pas fourni, on ne peut évaluer la variation de stature due à l'âge. On pourrait expliquer la différence en supposant que l'âge moyen des sujets américains était plus élevé. Toutefois, ceci est improbable. On peut aussi l'expliquer par le fait que les méthodes de mesure ne sont pas normalisées. Selon les études, on utilise des procédures différentes. Avec la méthode canadienne de mesure de la stature, on obtient généralement des valeurs plus grandes qu'avec la méthode américaine.

Le personnel du CN est, en moyenne, plus lourd que l'échantillon de la population américaine mesuré. La différence de poids peut s'expliquer par le fait qu'il est probable que l'échantillon américain comporte une forte proportion de sujets jeunes.

On peut observer d'autres différences quant à la moyenne et à la dispersion des données. On considère normal que des données prises sur la population en général soient plus dispersées que celles qui proviennent de l'armée.

Tableau 4.14 : Comparaison entre la population américaine et l'échantillon du CN

	Moyenne		Écart type		Centiles					
	CN	US	CN	US	CN	US	CN	US	CN	US
					5 ^e	5 ^e	50 ^e	50 ^e	95 ^e	95 ^e
Poids (kg)	82,8	78,49	11,48	11,10	63,5	55,2	84,0	78,4	97,0	101,6
Stature	177,2	175,6	5,89	6,68	168,0	164,0	177,0	175,5	189,0	187,0
Dos-centre main	75,9	74,1	4,71	3,48	67,0	68,5	76,0	74,0	83,0	79,5
Épaule-coude	38,6	36,9	2,28	1,79	35,0	33,4	38,0	36,9	42,0	40,4
Coude-centre main	39,8	36,9	3,29	2,33	35,0	33,1	39,5	36,9	46,0	40,7
Fessier-genou	60,3	61,6	3,57	2,99	55,0	56,7	60,0	61,6	67,0	66,5
Hauteur genou	56,2	55,88	2,92	2,79	51,0	51,3	56,0	55,9	61,0	60,5
Stature, assis	135,1	135,6	5,38	3,6	126,0	129,6	135,0	135,6	145,0	141,6
Largeur épaules	49,4	49,18	4,02	2,59	44,0	44,9	49,0	49,2	57,0	53,4
Largeur hanches	41,7	36,68	5,58	2,52	33,0	32,5	41,0	36,7	52,0	40,8

4.4.4 Conclusion de la section

Il est difficile de comparer avec précision des données prises sur des échantillons de conditions différentes (civile ou militaire), d'âges différents, à des moments différents et avec des méthodes différentes.

À la lumière de nos connaissances en matière d'anthropométrie, nous avons traduit les résultats de l'analyse des caractéristiques anthropométriques des membres d'équipage en terme de points à considérer lors de la conception. En voici la liste :

- concevoir des postes où les variations posturales sont aisées
- déterminer les variables anthropométriques critiques par l'analyse des postes de travail
- adapter la nouvelle conception à la tranche de la population actuelle et à venir la plus large possible. On devra s'assurer d'une atteinte adéquate des commandes et de leur manipulation efficace, d'une lecture aisée des affichages, d'un champ de visibilité adéquat à l'extérieur de la cabine.
- utiliser Safework pour générer les mannequins bornes
- utiliser, à la fois, les données anthropométriques de l'échantillon du CN (hommes seulement), celles de la population canadienne (McCann et al., 1975) et celles de la population américaine (Gordon et al., 1989)
- prendre en considération les principaux facteurs de variabilité anthropométrique.

4.5 Tâche réelle

Plus de cent heures d'observations systématiques nous ont permis de rassembler une grande quantité d'informations sur la conduite de train. Nous avons accordé une importance particulière à la conduite sur la voie principale, pour laquelle le nouvel aménagement doit être particulièrement bien adapté.

Au CN, les équipages de trains sur la voie principale sont composés de deux membres : le mécanicien de locomotive et le chef de train. C'est au mécanicien de locomotive que revient la tâche de conduite. Le chef de train doit surtout compléter divers formulaires et rapports. Les locomotives comportent un troisième siège pour le serre-frein, un superviseur ou toute autre personne appelée à faire un trajet. Ce siège sert rarement, mais doit néanmoins être présent.

Les résultats des observations, le contenu des boîtes noires et le profil de la voie ont été analysés conjointement. Un exemple de tableau d'analyse fait à partir de toutes ces informations combinées est à l'annexe II. Il a permis de déceler certaines stratégies de conduite des mécaniciens de locomotive.

4.5.1 Exigences gestuelles et posturales

Les gestes que les mécaniciens de locomotive doivent poser fréquemment sont décrits dans cette section. Les principales postures adoptées le sont aussi. Mais, il est important de retenir que les mécaniciens modifient fréquemment leurs postures.

4.5.1.1 Trains de voie principale avec console de type conventionnel

Dans les locomotives utilisées lors des observations, la console du mécanicien de locomotive était à droite de la cabine, si on regarde vers le nez court. Son siège était entre la console et le mur de droite.

Les mécaniciens observés étaient assis. Leur fauteuil, leur corps et leur visage étaient orientés dans la direction du mouvement. Généralement, leur dos était appuyé au dossier du siège. Le coude droit reposait sur l'appui-bras et la main gauche reposait le plus souvent sur le l'accélérateur, prête à l'actionner, le bras gauche en pleine extension. Les mécaniciens se penchaient parfois pour changer de posture et diminuer l'extension du bras.

Il leur arrivait d'actionner l'accélérateur avec la main droite en soutenant le bras droit à l'aide d'une prise cylindrique de la main gauche au niveau du coude droit, le coude gauche prenant appui sur l'appui-bras. À d'autres moments, la main gauche tenait le frein automatique, tandis que la main droite tenait l'accélérateur, le siège étant face à la console.

De temps à autre, les mécaniciens changeaient de posture. Ils tournaient leur siège d'environ 30° vers le côté droit de la cabine en regardant vers le nez court. Ils pouvaient ainsi étendre leurs jambes. À d'autres moments, ils appuyaient la tête contre le poing gauche, le coude gauche reposant sur le levier du frein automatique.

Ils tenaient le combiné du système de communication à l'envers dans la main droite. Ils n'utilisaient pas l'écouteur et la communication était claire au haut-parleur.

Quand la voie était courbée dans le sens qui le permet, les mécaniciens se retournaient vers l'arrière pour inspecter leur train.

4.5.1.2 Trains de voie principale avec console de type pupitre

Les observations dans l'Ouest canadien ont permis de constater plusieurs problèmes relatifs à la manipulation des commandes des consoles de type pupitre.

Les commandes sont en général à la limite d'atteinte des mécaniciens, ce qui peut entraîner des problèmes de confort postural et limiter la précision des gestes puisque la précision d'un bras tendu est faible

Le rapport de démultiplication de l'accélérateur exige une précision dépassant nettement les capacités humaines. Les mécaniciens compensent ce défaut par de fréquentes manipulations de l'accélérateur. Bien qu'elle soit visiblement conçue pour cela, cette commande n'est jamais manipulée à pleines mains. Les mécaniciens ont développé divers modes de manipulation:

- avec l'index et le majeur sur le dessus de la poignée et le pouce plus bas sur la tige
- par la tige plutôt que par la poignée
- en donnant des petits coups sur la poignée ou sur la tige.

L'actionnement de la commande de désarmement du système de vigilance ne provoque pas toujours l'effet prévu. Les mécaniciens ont tendance à frapper le bouton à plusieurs reprises afin d'être certains avoir provoqué le désarmement du système.

4.5.1.3 Trains de manoeuvre avec console de type conventionnel

Dans le cas des deux missions de manoeuvre observées, la console était de type conventionnel, mais située à gauche en regardant vers le nez court.

Pour la conduite dans la direction du nez long, les mécaniciens sont assis, le dos bien appuyé au dossier. Le fauteuil est orienté vers la console. La tête est par conséquent tournée pour voir à travers la fenêtre. Durant les manoeuvres, les deux mains manipulent simultanément des commandes d'accélération et de freinage. La main gauche actionne fréquemment le bouton de communication sur le poste radio. Durant les courts trajets, les mains sont parfois au repos, appuyées sur les commandes ou non.

Pour la conduite dans la direction du nez court, les mécaniciens orientent leur fauteuil dos au nez court. Ils se couchent de côté sur le fauteuil, la tête tournée pour voir à travers la vitre de la porte du côté du nez court. Leur main droite est sur les commandes à droite de la console avec le bras en extension vers l'arrière. Le bras gauche est alors sur les commandes à gauche de la console, l'aisselle appuyée sur le sommet du dossier.

Sur les trains de manoeuvre, les changements de direction se succèdent rapidement. Un des mécaniciens préférait orienter son siège face à la console, même pour conduire dans la direction du nez court.

Les mécaniciens placent le siège vers la gauche de la console plutôt qu'au centre. De cette façon, ils peuvent facilement ramener l'accélérateur à partir de zéro. Si le siège était centré par rapport à la console, le bras serait aligné sur le centre de la plage de l'accélérateur. Les angles au niveau du bras et du poignet seraient inconfortables.

4.5.1.4 Train de travaux avec console de type conventionnel

La locomotive utilisée pour le train de travaux comportait une console de type conventionnel dans l'arrangement le plus courant, soit à droite de la cabine si on regarde vers le nez court.

Le mécanicien observé conduisait généralement la locomotive avec sa main gauche. Son avant-bras droit reposait en partie sur l'appui-bras droit. Le siège et le corps étaient orientés vers le nez court. Le dos était bien appuyé au dossier, la tête étant tournée du côté droit. Il se penchait légèrement de temps à autre pour actionner l'accélérateur ou le sélecteur de sens de marche avec la main droite, le bras droit en extension. Lorsqu'il conduisait la tête sortie par la fenêtre du côté droit, le mécanicien actionnait le levier du sifflet avec la main gauche, le bras gauche en pleine extension. Pour pouvoir sortir la tête, il devait relever l'appui-bras droit.

Lorsque le mécanicien tournait son siège de façon à ce que le dossier soit parallèle à la paroi de droite, la main droite manipulait les commandes, tandis que la gauche s'appuyait de diverses façons. Son dos était bien appuyé contre le dossier. Occasionnellement, la main gauche était utilisée pour manipuler les commandes. Il tournait la tête vers l'avant ou vers l'arrière, selon la direction du mouvement ou l'intention. La tête était parfois penchée pour voir vers l'arrière par la fenêtre du côté droit.

4.5.2 Exigences visuelles

Il n'existe pas de loi, de règlement ou de norme précisant les exigences visuelles dans le cas de la conduite de trains, ni à l'intérieur de la compagnie, ni au niveau de l'association (AAR), ni au niveau gouvernemental. Cette section rapporte d'une part, les observations et les commentaires recueillis en rapport avec l'aspect vision et d'autre part les exigences visuelles déterminées lors des observations.

4.5.2.1 Éclairage intérieur de nuit

En général, la conception et l'emplacement des dispositifs d'éclairage pour lire lorsqu'il fait sombre ne sont pas adéquats. Ceci est valable pour le poste du mécanicien autant que pour celui du chef de train. Plusieurs équipages ont souligné divers problèmes de réflexion dus à l'éclairage intérieur.

La nuit, les commandes, les affichages et les surfaces de travail doivent être suffisamment et correctement éclairées. De plus, les problèmes de réflexion doivent être considérés, sinon la lumière ira se réfléchir dans les fenêtres et les écrans.

4.5.2.2 Trains sur la voie principale

Les inscriptions sur les panneaux ne sont lisibles qu'à une dizaine de pieds, dans le meilleur des cas. À 50 km/h, les noms des villages sur les affiches triangulaires ne sont visibles que lorsque l'affiche arrive au niveau du nez court. On peut cependant distinguer à plusieurs centaines de pieds les familles de panneaux de signalisation par leur couleur et leur forme.

Les caractéristiques des signaux lumineux (grosesseur, brillance, distance entre les lumières, couleur de l'arrière plan, etc.) permettent à un oeil normal de les distinguer à environ un kilomètre.

À l'intérieur de la cabine, la console du plafond constitue une obstruction au champ visuel, en particulier dans les modèles avec la console de type pupitre.

Les mécaniciens de locomotive rencontrés préfèrent que tous les indicateurs de pression d'air soient regroupés, en particulier ceux de la canalisation principale et le débitmètre.

Les mécaniciens d'expérience utilisent très peu les affichages à cadran, sauf en certaines circonstances particulières telles que train pesant, parcours difficile et peu

connu, conditions hivernales sévères. Les manomètres, l'ampèremètre, le débitmètre, l'indicateur de vitesse et l'accéléromètre sont par contre très utiles aux débutants.

Un indicateur de vitesse devrait être placé sur la console du mécanicien et un second au poste du chef de train.

Bien que dans la plupart des cas, un plus grand champ de visibilité ne permettra pas au mécanicien de freiner le train à temps, une meilleure visibilité au sol pourrait permettre d'éviter des accidents. Dans les cas où un train peu chargé circule à basse vitesse, il pourra freiner le train. Dans les autres cas, il pourra quand même réagir, en avertissant une personne sur la voie avec le sifflet par exemple.

4.5.2.3 Trains de manoeuvre

En général le train est formé en travaillant avec un couple de locomotives. Le travail s'effectue autant dans une direction que dans l'autre. Lorsque le mécanicien veut regarder en direction du nez long de l'unité menante, sa vue est bloquée par la seconde locomotive et les wagons qui viennent ensuite. Pour mieux voir, le mécanicien doit se pencher par la fenêtre de côté, après avoir relevé l'appui-bras droit. Cette posture est inconfortable. De plus, les affichages se trouvent alors derrière lui.

L'indicateur de vitesse indique la vitesse en milles par heure. De toute façon, la valeur de l'affichage devient nulle dès que la vitesse est inférieure à 1,6 km/h (1 m/h). Les mécaniciens ont déclaré être en mesure d'estimer la vitesse du train d'après le

défilement du terrain et un point de repère sur le train. Certains ont proposé d'utiliser un type d'indicateur servant dans le travail de buttage qui comporte deux échelles :

- aux vitesses supérieures à 16 km/h (10 m/h), il indique des milles par heure
- aux vitesses inférieures à 16 km/h (10 m/h), il indique des dixièmes de mille par heure ou des pieds par seconde. Les indications de distance échangées entre le personnel au sol et le mécanicien de locomotive sont exprimées en pieds, à partir de 20 pieds et moins.

Les mécaniciens ont souligné le fait qu'ils aiment savoir avec le plus de précision possible où sont le chef de train et le serre-frein. Ils les surveillent constamment et essaient d'anticiper leurs mouvements, particulièrement lorsque leurs coéquipiers se tiennent sur la plate-forme et sur les marches.

4.5.2.4 Trains de travaux

Au cours de l'épandage du gravier, le mécanicien regardait par la fenêtre du côté droit. Selon lui, c'est la seule façon d'estimer et de contrôler correctement la vitesse pour l'épandage. L'indicateur de vitesse et l'accéléromètre indiquaient tous deux zéro, sauf pour de très brefs instants. Le mécanicien n'a presque jamais consulté ces affichages.

Le mécanicien de locomotive observé a souligné à plusieurs reprises le fait qu'il a beaucoup de mal à voir son coéquipier, même lorsqu'il était à droite du train.

À certains moments, le mécanicien s'est levé pour aller voir, par la fenêtre arrière gauche, un signal lumineux près du sol. En général, son coéquipier se tenait à côté du signal et l'informait par radio.

4.5.3 Exigences auditives

Les communications verbales entre les membres d'équipage, le contrôleur du trafic ferroviaire et les contremaîtres de travaux sont essentielles pour des raisons d'efficacité et de sécurité. Elles doivent être aussi claires et intelligibles que possible. Cette section rapporte les observations et commentaires recueillis en rapport avec l'aspect audition ainsi que certaines exigences auditives.

4.5.3.1 Trains sur la voie principale

Les travailleurs observés ont fait la remarque qu'en écoutant les communications radio on arrive à anticiper les conséquences des directives des contrôleurs et des demandes des autres trains sur sa propre mission. Ceci permet d'acheminer rapidement des demandes de précision ou de priorité aux contrôleurs ou encore de faire des suggestions visant à optimiser la fluidité de la circulation.

Dans certains cas, les télécommunications ne sont pas claires même à l'intérieur du rayon critique, à cause de la surcharge des fréquences, des parasites, etc. L'équipage à bord d'une locomotive doit être en mesure d'entendre les télécommunications émises par d'autres trains, par les contrôleurs du trafic ferroviaire, par les contremaîtres responsables des travaux sur la voie, etc.

4.5.3.2 Trains de manoeuvre et trains de travaux

Les exigences auditives sont similaires dans les trains de manoeuvre et ceux de travaux. Les télécommunications y sont continues. Les mécaniciens ne peuvent généralement voir ni les autres membres de l'équipage, ni les signaux. Ils doivent par conséquent se fier presque uniquement aux communications radio. Le serre-frein et le chef de train échangent aussi beaucoup par radio.

Dans les missions observées, le combiné restait accroché entre la console et le levier du sifflet, de façon à avoir le commutateur de réponse du combiné à portée. Le chef de train ou le serre-frein indiquaient les manoeuvres à faire. Le mécanicien répondait avant d'amorcer une manoeuvre. Il demandait occasionnellement de confirmer ou de répéter la dernière indication de manoeuvre.

Un des mécaniciens a fait la remarque que de nombreuses personnes se confectionnent des silencieux de fortune, pour atténuer le bruit du frein indépendant.

Les membres de l'équipage ont indiqué qu'il est extrêmement utile d'avoir à bord deux bons haut-parleurs ayant chacun son propre volume : un pour le mécanicien et un pour le chef de train. Selon leur expérience, lorsqu'il n'y a qu'un haut-parleur, le son est soit trop fort pour le mécanicien, soit pas assez pour le chef de train.

4.5.4 Conclusion de la section

Cette section décrivait les principaux résultats des observations effectuées. Toute l'information recueillie lors des séances d'observation ne peut être rapportée ici. Toutefois, nous avons traduit cet ensemble d'information en terme de points à considérer lors de la conception. En voici la liste :

- repenser les commandes du système de vigilance, tant au niveau du pied qu'à celui de la main
- concevoir le poste de conduite de sorte qu'il n'y ait pas d'interférence entre le siège et les autres composantes du poste ou l'appui de la fenêtre
- permette au mécanicien de locomotive d'être à l'aise dans les opérations où il doit changer fréquemment de direction
- placer les commandes dans des régions plus adéquates en termes d'atteinte, de confort postural et de manipulation précise et facile
- prendre en considération le fait que les deux mains sont généralement occupées dans les phases d'accélération et de décélération du train
- prévoir un système d'éclairage permettant d'éclairer correctement les documents
- éviter les réflexions des lumières intérieures dans le champ visuel. Il faut éviter en particulier les réflexions de ces lumières sur le pare-brise, les affichages et les commandes, afin de diminuer les sources d'inconfort et d'améliorer la fiabilité des tâches de détection et de lecture des signaux.
- éviter autant que possible l'éclairage direct et les réflexions du soleil dans le champ visuel des travailleurs
- maximiser le champ visuel à l'extérieur de la locomotive particulièrement au sol et sur la plate-forme à l'avant de la locomotive

- repenser l'emplacement, le nombre et la conception de l'indicateur de vitesse et d'accélération
- regrouper les indicateurs de pression d'air afin d'en faciliter la consultation comparative
- revoir l'emplacement des affichages et des commandes servant à l'étalonnage et au comptage de pieds (TIBS)
- considérer l'utilisation de caméras du côté du nez long. Le cas échéant, il doit y avoir un écran à chaque poste de conduite.
- s'assurer que les nouvelles locomotives et leurs cabines «isolées» répondent aux attentes des équipages en terme de niveau sonore
- installer des casques d'écoute mains libres
- installer de bons haut-parleurs conçus spécifiquement pour assurer une bonne reproduction de la voix humaine
- éliminer ou réduire le bruit inutile du frein indépendant
- s'assurer que le siège choisi répond aux demandes du personnel
- aménager des postes de conduite où il est facile de changer sa position de conduite

4.6 Tâche théorique

Nous avons effectué une analyse théorique de la tâche dans le but de déterminer les éléments qui composeront l'interface du poste du mécanicien de locomotive. Cette analyse permet de concevoir un système qui réponde aux besoins en terme de fonctionnalité. Elle permet d'éviter le raccourci qui consiste à ne considérer que l'aspect physique des éléments d'un système existant sans remettre en cause leur utilité par rapport aux exigences fonctionnelles du système. Elle est complémentaire à l'analyse de la tâche réelle.

Le contenu de cette section s'appuie sur l'analyse de divers documents comprenant surtout des ouvrages relatifs à la conduite de train. Des informations utiles ont aussi été acquises lors de la formation de mécanicien de locomotive et de l'analyse descriptive des postes.

Dans le processus utilisé, chaque étape découle des résultats de l'étape précédente.

Voici la liste des principales étapes effectuées :

- définir les exigences opérationnelles de la conduite de train
- déterminer quelles fonctions générales sont nécessaires pour rencontrer ces exigences
- établir la liste des fonctions spécifiques
- dresser la liste des exigences en terme d'affichage et de commandes.

4.6.1 Exigences opérationnelles

Le CN définit sa mission ainsi : satisfaire les besoins de transport et de distribution de sa clientèle en assurant le meilleur service de façon ponctuelle, sécuritaire et sans avarie. La mission des locomotives est de déplacer des véhicules ferroviaires. Pour accomplir leur mission, les locomotives doivent être aptes à fonctionner dans tous les types d'opérations et dans diverses conditions.

Voici la liste des exigences opérationnelles de la conduite de train. Elle a été établie en considérant les quatre types d'opération, soit les trains de voie principale, les trains de manoeuvres, les trains de travaux et les locomotives dans les cours de triage :

- contrôler une ou plusieurs locomotives à partir d'un poste
- contrôler à l'aide de commandes à distance
- opérer avec un, deux ou trois membres d'équipage
- permettre la conduite bidirectionnelle
- permettre les communications
- opérer à des vitesses variées
- opérer avec des conditions de la voie variées
- opérer avec des conditions climatiques variées
- déplacer des wagons de poids et de types différents
- opérer de jour et de nuit
- opérer avec des topographies variées
- opérer de façon sécuritaire et fiable.

4.6.2 Fonctions générales

La définition des fonctions générales a été effectuée en deux temps. D'abord, les fonctions de premier niveau ont été déterminées. Chacune de ces fonctions a été divisée en une série de fonctions de deuxième niveau.

L'annexe III présente les résultats de cette analyse sous forme d'arbres. Chaque fonction de premier niveau, inscrite dans le rectangle du haut, y est détaillée. Toutes les fonctions y sont exprimées en terme de finalité et indépendamment des moyens. L'ordre des fonctions ne représente pas l'ordre réel d'exécution, puisque la tâche de conduite ne peut être représentée de façon linéaire.

4.6.3 Fonctions spécifiques

Chaque fonction de deuxième niveau a été détaillée en plusieurs fonctions spécifiques. Ces fonctions sont représentées sous forme de tableaux. Les fonctions de deuxième niveau n'ayant aucun lien avec le poste de conduite ont été omises.

L'ensemble des tableaux est à l'annexe IV. Dans ces tableaux, la première colonne contient une ou plusieurs informations à recueillir avant d'effectuer l'action de la deuxième colonne. Dans la troisième colonne, vis-à-vis de chaque action se trouve les rétroactions relatives à cette action. Plusieurs informations ou plusieurs rétroactions peuvent donc correspondre à une seule action.

4.6.4 Exigences en terme d'affichages et de commandes

À partir des besoins en termes d'informations, d'actions et de rétroactions, nous avons recherché des solutions en termes d'affichages et de commandes. Les solutions ont été déterminées à partir de grilles d'évaluation ergonomique. Dans ces matrices, les valeurs accordées à chaque caractéristique ont été déterminées à partir des résultats de plusieurs auteurs (Grandjean, 1985; McCormick et Sanders, 1993; MIL-STD-1472D, etc.). Seules les critères pouvant être déterminants dans ce cadre particulier ont été considérés. Trois matrices ont été construites, une pour les affichages (tableau 4.15) et deux pour les commandes (tableaux 4.16 et 4.17). Dans le tableau 4.15, un poids de 0, 1 ou 2 est accordé pour chaque type d'affichage, selon qu'il soit inapproprié, approprié ou très approprié au type de lecture souhaité. Dans les autres tableaux, un poids de 0 à 4 est accordé selon le degré de compatibilité type de commande - type de réglage.

Tableau 4.15 : Matrice de décision pour les affichages

Types d'affichages	Tendance	Codage	Précision lecture
échelle fixe	2	2	1
échelle mobile	1	1	1
compteur	0	0	2

Tableau 4.16 : Matrice de décision pour les commandes à positions discrètes

Types de commandes	Positions identifiées	Position série commandes	Manoeuvre série commandes	Force
bouton-poussoir (doigt)	3, si lumineux	0	4	1
bouton-poussoir (main)	3, si lumineux	0	4	3
bouton-poussoir (pied)	0	0	0	4
interrupteur	3	4	4	1
sélecteur	3	4	0	0
levier	3	4	4	3
pédale	0	0	0	4

Tableau 4.17 : Matrice de décision pour les commandes à réglage continu

Types de commandes	Positions identifiées	Position série commandes	Manoeuvre série commandes	Force	Précision
bouton rotation	3	4	0	0	4
manivelle	0	0	0	2	1
levier	3	4	4	3	2
volant	1	0	0	2	4
pédale	0	0	0	4	2

4.6.4.1 Choix des types d'affichages

À ce stade, pour le choix du type d'affichage, les diverses variantes ont été regroupées en 4 grandes catégories :

- échelle fixe et aiguille mobile
- échelle mobile et aiguille fixe
- compteur qui affiche une valeur numérique
- voyant, associé ou non à une alarme

Le tableau 4.18 a été construit pour déterminer le ou les types d'affichage correspondant le mieux aux caractéristiques des données à afficher. Il contient, en ordonnée, les besoins en terme d'informations et de rétroactions. En abscisse, sont

énumérées les caractéristiques souhaitables, puis la solution qui semble convenir le mieux.

La première colonne contient les informations quant au type de données affichées, soit qualitatif ou quantitatif. La deuxième colonne contient la gamme de valeurs possibles. Si les données affichées sont qualitatives et ne peuvent prendre que deux valeurs, la solution proposée est un voyant. La matrice n'est pas utilisée dans ces cas.

Tableau 4.18 : Exigences pour les affichages

Information	Type	Valeurs (unités)	Besoin tendance	Besoin codage	Besoin précision	Solution
pression cylindre frein	quan.	0-160 (psi)	oui	oui	oui	échelle fixe
pression conduite générale	quan.	0-160 (psi)	oui	oui	oui	échelle fixe
pression réservoir égalisation	quan.	0-160 (psi)	oui	oui	oui	échelle fixe
pression réservoir principal	quan.	0-160 (psi)	oui	oui	oui	échelle fixe
débit conduite générale	quan.	0-100 (po ² /min)	oui	oui	oui	échelle fixe
pression dernier wagon	quan.	0-85 (psi)	oui	oui	oui	échelle fixe
sablage	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
courant moteurs traction	quan.	traction:1500 frein:1000 (A)	oui	oui	oui	échelle fixe
vitesse	quan.	0-100 (m/h)	oui	oui	oui	échelle fixe
accélération	quan.	-10-10 (m ² /h)	non	non	oui	compteur
armement système vigilance	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
patinage	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
mode télécommandé	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
compteur de pieds	quan.	0-9999 (pieds)	non	non	oui	compteur
direction dernier wagon	qual.	avant, arrière, arrêt	oui	oui	N/A	échelle fixe
sablage (automatique)	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
courant excessif frein rhéostatique	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
mise ralenti automatique	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
surchauffe moteurs traction	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
surchauffe moteur diesel	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
frein urgence appliqué	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
masse circuit puissance	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
charge batterie	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
arrêt régulateur	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant
chauffage pare-brise	qual.	oui / non	non	N/A	N/A	voyant

4.6.4.2 Choix des types de commandes

Le tableau 4.19 a été construit pour déterminer les types de commandes. Il contient, en ordonnée, les besoins en terme d'actions. En abscisse, les caractéristiques du réglage nécessaire sont énumérées, puis la ou les solutions proposées.

La colonne identifiée «Type» indique s'il s'agit d'une commande à positions discrètes (lettre D) ou à réglage continu (lettre C). C'est à partir de cette information que l'utilisation de la matrice appropriée est déterminée.

Pour les commandes à positions discrètes, les commandes suivantes ont été considérées :

Si seulement 2 positions sont possibles :

- bouton-poussoir (doigt)
- bouton-poussoir (main)
- bouton-poussoir (pied)
- interrupteur (comprenant divers types d'interrupteurs à bascule et à glissière)
- pédale

Si de trois à vingt-quatre positions sont possibles :

- levier
- sélecteur rotatif (de diverses formes)

Pour les commandes à réglage continue, les commandes suivantes ont été considérées :

- bouton à rotation continue (incluant les boutons encastrés perpendiculairement à la surface que l'on contrôle avec le pouce)
- manivelle
- levier
- volant
- pédale

Tableau 4.19 : Exigences pour les commandes

Commande	Type	Nombre état	Position identif.	Évaluat. série	Opérat. série	Force	Précision	Solution
isolement	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
marche du moteur	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
excitation génératrice principale	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
régulateur pression	C	nulle à forte	oui	N/A	N/A	non	grande	rotation continue
isolement conduite générale	D	3	oui	N/A	N/A	non	N/A	sélecteur et levier
frein automatique	C, D	8	non	oui	N/A	non	très grande	levier
unités multiples	D	2	oui	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur sélecteur et levier
frein indépendant	C, D	4	non	oui	N/A	non	très grande	levier
frein à main	D	2	oui	N/A	N/A	oui	N/A	levier
sens de marche	D	3	oui	N/A	N/A	non	N/A	sélecteur et levier
accélérateur et frein rhéostatique	C	18	oui	oui	N/A	non	très grande	levier
pompe carburant et commande	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
frein rhéostatique en fonction	D	2	oui	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
sectionneur batterie	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	
disjoncteurs	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	
démarrage	C	2 (contact)	oui	N/A	N/A	non	moyenne	bouton rotation
contrôle phares	D	4	oui	N/A	N/A	non	N/A	sélecteur et levier
phare avant	D	4	oui	oui	N/A	non	N/A	sélecteur et levier
phare arrière	D	4	oui	oui	N/A	non	N/A	sélecteur et levier
feux classement	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur

Tableau 4.19 : Exigences pour les commandes (suite)

cloche	D	2	non	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
sifflet	C	2 (contact)	N/A	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur, pédale et bouton poussoir (pied)
sablage	D	2	oui	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur
radio : volume	C	nulle à fort	oui	N/A	N/A	non	moyenne	bouton rotation
radio : choix canal	D	nombre canaux	oui	N/A	N/A	non	N/A	sélecteur
mode commande	D	2	oui	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
loco-commande(s)	D	3	oui	N/A	N/A	non	N/A	sélecteur et levier
transfert commandes	D	2 (contact)	N/A	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
désarmement système vigilance	D	2 (contact)	N/A	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
échauffement roues hiver	D	2	oui	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
étalonnage	D	2 (contact)	N/A	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
isolement moteur(s) traction	D	4	oui	N/A	N/A	non	N/A	sélecteur et levier
frein d'urgence	D	2	oui	N/A	N/A	oui	N/A	levier
coupe-carburant d'urgence	D	2 (contact)	N/A	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
réarmement relais masse	D	2 (contact)	N/A	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
lumière numéro	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
lumière marches	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
lumière sol	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
lumière fossé	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur
lumière plate-forme	D	2	oui	oui	oui	non	N/A	interrupteur

Tableau 4.19 : Exigences pour les commandes (suite)

lumière cabine	C	nulle à fort	non	N/A	N/A	non	moyenne	bouton rotation
lumière lecture	C	nulle à fort	non	N/A	oui	non	moyenne	bouton rotation
lumière indicateurs	C	nulle à fort	non	oui	oui	non	moyenne	bouton rotation et levier
lumière commandes	C	nulle à fort	non	oui	oui	non	moyenne	interrupteur et bouton poussoir
éclairage urgence	D	2	oui	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
chauffage pare-brise	D	2	oui	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
essuie-glace	C	nulle à rapide	oui	N/A	N/A	non	moyenne	bouton rotation et levier
lavage pare-brise	D	2 (contact)	N/A	N/A	N/A	non	N/A	interrupteur et bouton poussoir
chauffage	D	7	non	N/A	N/A	non	N/A	sélecteur et levier

4.6.5 Conclusion de la section

L'analyse théorique de la tâche a permis de déterminer quels sont les types d'affichages et de commandes qui sont le mieux adaptés à chaque fonction spécifique. Mais, il ne s'agit que d'une étape, car à ce stade :

- plusieurs solutions peuvent être envisagées
- les solutions sont regroupées en catégories assez vastes et devront être précisées
- les solutions proposées sont sujettes à changement. En effet, plusieurs autres critères devront être considérés : l'espace disponible, les préférences des mécaniciens, les stéréotypes, etc.
- des solutions nouvelles peuvent être élaborées.

Lors de la conception, les résultats obtenus dans cette section quant au choix des affichages et des commandes seront considérés. Toutefois, les solutions finales seront déterminées en considérant l'ensemble des critères pour chaque affichage et chaque commande.

4.7 Caractéristiques des commandes et des affichages

4.7.1 Position relative

Pour déterminer la position relative des commandes et des affichages, les critères suivants ont été considérés :

- fréquence d'utilisation
- caractère urgent
- séquence d'utilisation
- liaisons entre les composantes.

Idéalement, on devrait procéder à une analyse multicritère spécifique au contexte. En pratique toutefois, les contraintes du projet permettent rarement une telle analyse. Pour ce projet en particulier, des données quantitatives ont pu être recueillies sur les liaisons seulement. Pour les séquences, nous avons dû utiliser les résultats des entrevues et des observations. La fréquence et le caractère urgent ont été considérés conjointement à partir des résultats du questionnaire.

4.7.1.1 Fréquence et caractère urgent

Si l'on tient compte des fréquences d'utilisation, les affichages les plus utilisés devraient être au centre du champ de vision tandis que les commandes les plus fréquemment actionnées devraient être aux endroits les plus accessibles. Les commandes et les affichages à caractère urgent doivent aussi être placés de façon à être facilement accessibles.

L'analyse du contenu de la boîte noire a révélé des résultats quant aux fréquences d'actionnement des commandes reliées à celle-ci. Ces données sont insuffisantes puisqu'elles ne concernent que cinq commandes.

Voici la liste, en ordre décroissant de fréquence, des 5 commandes dont les actionnements sont enregistrés :

- accélérateur
- ex aequo : cloche et sifflet (si on considère groupe d'actionnements rapprochés du sifflet comme un seul actionnement)
- désarmement du système de vigilance
- frein rhéostatique

La fréquence et le caractère urgent seront évalués à partir des réponses au questionnaire où les répondants classaient les diverses composantes en ordre d'importance. Des répondants interrogés ont dit avoir considéré à la fois la fréquence d'utilisation et le caractère urgent pour déterminer l'importance relative des composantes.

4.7.1.2 Séquence

Il importe de placer les commandes devant être activées en série, de façon à ce que la transition d'une commande à l'autre se fasse naturellement. Il en est de même pour les affichages. En règle générale, on tente de placer les composantes rapprochées les uns des autres tout en respectant l'ordre. Les données sur les séquences ont été recueillies lors des observations systématiques et des entrevues.

Voici quelques exemples d'actions effectuées en séquence :

- actionnement des commandes de sélection des loco-commandes, de sélection mode commande et de transfert des commandes
- lecture des indicateurs de patinage des roues, de courant dans les moteurs de traction et de vitesse.

4.7.1.3 Liaisons entre les composantes

Le concepteur doit considérer les liaisons qui existent entre les divers composants pour déterminer la position relative des commandes et des affichages. De façon générale, la correspondance entre une commande et l'affichage correspondant doit être claire. Dans les cas où les commandes et les affichages sont sur deux tableaux différents, il s'agit de maintenir autant que possible le même agencement pour les deux tableaux.

Une analyse des liaisons basée sur l'analyse théorique de la tâche est insuffisante. Parce que l'analyse des exigences fonctionnelles repose uniquement sur la connaissance qu'ont les concepteurs du système. Elle ne tient compte ni des simplifications, ni des substitutions, ni des modes opératoires. Une analyse des liaisons basée uniquement sur les observations est aussi insuffisante, car elle peut être le résultat de mauvais modes opératoires. Parfois, certains liens souhaitables ne sont pas faits par les opérateurs. Le cas échéant, on pourrait inciter les mécaniciens à changer de mode opératoire. Nous avons donc considéré conjointement les résultats de l'analyse théorique de la tâche et de l'analyse de la tâche réelle afin de déterminer les liaisons. La liste des liaisons théoriques a été établie grâce aux résultats de

l'analyse des exigences fonctionnelles, plus particulièrement des tableaux en terme d'information, d'action et de rétroaction à l'annexe IV. Celle des liaisons effectives est le résultat des observations systématiques et du tableau synthèse.

Le tableau 4.20 donne les résultats des liaisons théoriques et effectives. La lettre T marque l'existence d'une liaison d'après l'analyse théorique de la tâche. La lettre E indique qu'une liaison effective a été observée entre deux composantes. En comparant les résultats de l'analyse des liaisons théoriques et effectives, on constate que beaucoup de liens qui apparaissent lors de l'analyse des liaisons à partir de l'analyse théorique n'ont pas été observés sur le terrain. Ceci est dû en grande partie au fait que nous n'avons pas observé toutes les situations possibles, particulièrement les anomalies. Nous avons évalué la pertinence les liaisons révélées uniquement par l'analyse des exigences fonctionnelles en conduisant des entrevues. Les liaisons théoriques jugées superflues ou trop faibles ont été mises entre parenthèse dans le tableau 4.20.

4.7.2 Mode d'actionnement et interprétation

L'interprétation des affichages et la manipulation des commandes sont influencées par les stéréotypes. Les stéréotypes sont des caractéristiques de la perception qui conditionnent les interprétations et les actions humaines. On distingue en général trois catégories de stéréotypes : innés, acquis et culturels. En cas de conflit entre les stéréotypes, le concepteur doit en principe chercher à accommoder d'abord les stéréotypes innés, puis les stéréotypes culturels et enfin les stéréotypes acquis. Les affichages et les commandes considérés pour la nouvelle cabine ont été analysés pour révéler les conflits éventuels entre les divers types de stéréotypes.

Une modification de stéréotype entraîne souvent une période de transfert négatif d'apprentissage. Celle-ci est transitoire bien que même après des années, spécialement en situation d'urgence, le comportement antérieur peut refaire surface inopinément. Une réduction du taux d'erreurs humaines peut quand même être attendue à long terme.

En théorie, le principe cité plus haut détermine les critères de choix en cas de conflit. En pratique toutefois, la situation est complexe et mérite d'être analysée davantage avant de prendre une décision. Par exemple, sur les locomotives actuelles, il faut tirer la manette d'accélération vers soi pour accélérer. Ceci est contraire aux stéréotypes inné et culturel. Théoriquement, il faudrait modifier le fonctionnement de cette commande afin de respecter la règle citée plus haut. Cependant, les flottes actuelles seront en service pendant encore plusieurs années et les mécaniciens changent continuellement de locomotives. Il serait trop risqué d'avoir une fraction des

locomotives où la commande d'accélération serait inversée par rapport à celle des autres locomotives.

Dans ce genre de situation, il y a trois choix :

- donner la priorité aux stéréotypes acquis
- ordonner une correction de l'ensemble des locomotives
- proposer un nouveau type de commande.

4.7.3 Conclusion de la section

Cette section décrivait les critères à considérer pour déterminer la position relative des composantes, le mode d'actionnement des commandes ainsi que le mode de présentation de l'information. Nous ne détaillerons pas ici les étapes du choix de l'emplacement et du type de chaque composante.

Voici la liste des étapes réalisées pour effectuer ces choix :

- déterminer la position relative de chaque composante en considérant l'ensemble des facteurs, soit les liaisons, la fréquence, les séquences et le caractère urgent
- considérer les trois choix offerts en cas de conflits entre les stéréotypes innés, culturels et acquis.

CHAPITRE 5 : Conception

5.1 Concept global

À l'étape du concept global, les membres de l'équipe de conception se sont réunis pour tenter de considérer toutes les alternatives en accord avec les objectifs et les contraintes du projet pour ensuite choisir la voie de solution semblant le mieux y répondre.

Toutes les voies de solution proposées sont décrites dans les sous-sections suivantes, qu'elles aient été retenues ou non. Chaque proposition est décrite brièvement. Lorsqu'il y avait plus de deux propositions, des matrices de décision ont été construites pour valider des choix effectués par l'équipe de conception lors de la réunion.

5.1.1 Arrangement général de la locomotive

5.1.1.1 Locomotive à deux cabines

Cette locomotive comprend une cabine complète à chaque extrémité. Chacune est munie des protections structurales nécessaires à la sécurité du personnel. Elle reproduit l'arrangement actuel des groupes moteurs où les unités sont assemblées de façon à avoir une cabine à chaque extrémité.

Cette voie de solution ne respecte pas deux des contraintes. Premièrement, sa longueur excessive empêcherait la locomotive d'avoir accès à des sections de voies qui comportent des courbes de petit rayon de même qu'à certains ateliers. Deuxièmement, l'addition d'une deuxième cabine ferait probablement grimper le prix de la locomotive au-dessus de la limite acceptable.

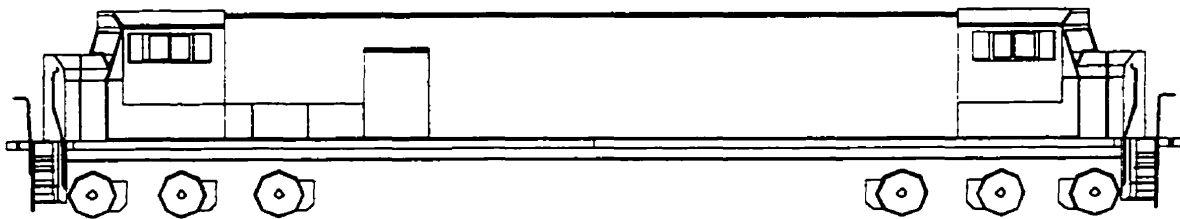


Figure 5.1 : Locomotive à deux cabines

5.1.1.2 Locomotive à cabine centrale

Dans cet arrangement, la cabine est située au centre de la locomotive, sur le châssis. La cabine est placée de façon à ce que les postes du mécanicien et du chef de train soient de chaque côté de la caisse du moteur.

Pour mettre au point ce type d'arrangement et régler les problèmes d'isolation contre les vibrations, le bruit et la chaleur du moteur, il faudrait une période de recherche et développement plus longue que celle qui nous est allouée. Ajoutons que pour séparer le moteur il faudrait certainement modifier l'arrangement actuel des composants, en supposant que cela est possible. Finalement, près de la moitié du champ de visibilité

du mécanicien de locomotive et du chef de train serait obstrué, quelle que soit la direction.

5.1.1.3 Locomotive à cabine centrale surélevée

Dans cet arrangement, la cabine est située au centre de la locomotive, au-dessus de la caisse du moteur.

La hauteur de certaines des infrastructures en place (les tunnels surtout), ne permettrait pas à la locomotive de circuler sur toutes les sections de la voie. De plus, la sécurité des membres de l'équipe qui sont appelés à travailler au sol serait compromise. En effet, le champ de visibilité au sol serait obstrué considérablement par les nez, et ceci dans les deux directions, quelle que soit la position des yeux dans la cabine. Finalement, dans une cabine centrale surélevée, les inégalités de la voie créeraient un mouvement d'oscillation inconfortable.

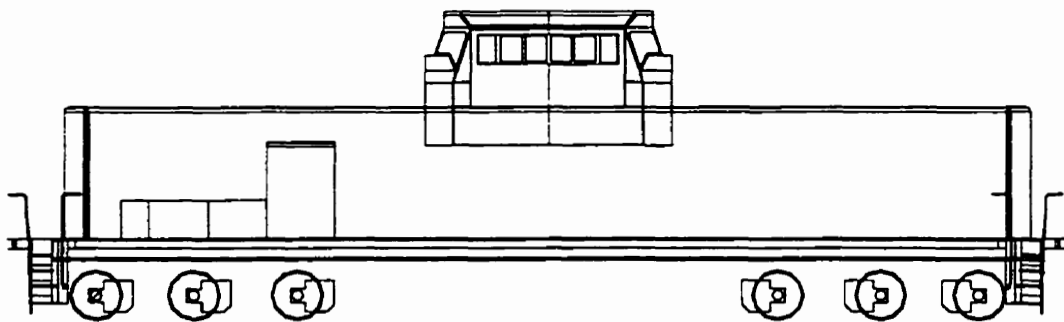


Figure 5.2 : Locomotive à cabine centrale surélevée

5.1.1.4 Locomotive à cabine indépendante du moteur

Dans cet arrangement, la cabine et la partie propulsion sont sur deux châssis différents. La partie cabine a un moteur suffisamment fort pour permettre à celle-ci de circuler seule.

Une cabine indépendante, à cause de sa légèreté, serait plus vulnérable en cas de collision. Moins stable, elle pourrait être renversée ou mise en portefeuille plus facilement. Ne répondant pas à l'un des objectifs, soit la sécurité, cette voie de solution a été rejetée.

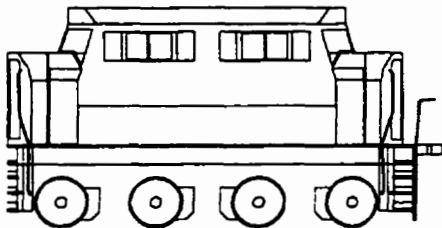


Figure 5.3 : Locomotive à cabine indépendante du moteur

5.1.1.5 Locomotive à cabine unique

L'arrangement général de cette locomotive est le même que celui de la plupart des locomotives actuelles. Comme aide à la vision, quand le sens de marche est tel que le long nez est à l'avant, on ajoutera une caméra.

Le champ de visibilité est restreint par la caisse, lorsque la locomotive circule avec le long nez vers l'avant. Ce désavantage est compensé en partie par l'ajout d'une caméra. Cette caméra est reliée à des écrans situés aux postes de travail.

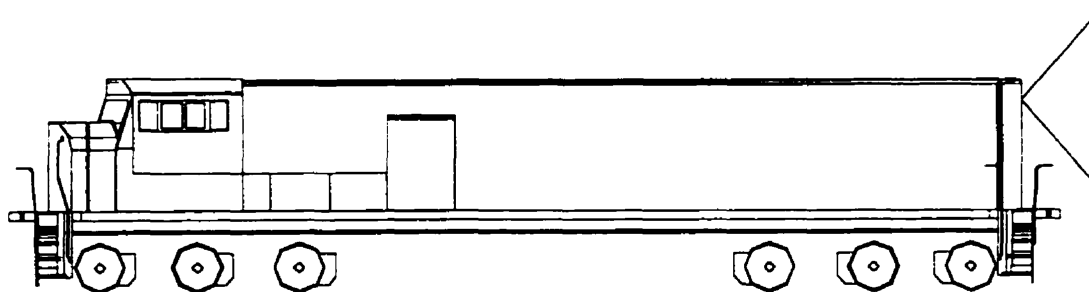


Figure 5.4 : Locomotive à cabine unique

5.1.1.6 Choix d'un arrangement général des locomotives

Toutes les voies de solutions qui répondent aux objectifs du projet ont été comparées à l'aide d'une matrice pour déterminer laquelle respectait davantage les contraintes. Aux contraintes fixées au début du projet, nous avons ajouté le respect des facteurs humains. Bien que faisant partie des objectifs, il est raisonnable de penser que toutes les voies de solution ne répondent pas également à cet objectif. Une des contraintes à laquelle on a accordé la même appréciation pour toutes les voies de solution a été éliminée de la matrice, pour ne conserver que les critères discriminants.

Certaines contraintes étant considérées plus critiques, une pondération de 1 à 4 a été accordée à chacune, à la colonne identifiée «Poids».

Pour chaque voie de solution, une valeur a été accordée selon qu'elle respectait très bien (3), assez bien (2), en partie (1) ou pas du tout (0) chaque contrainte. Cette appréciation est aux colonnes identifiées «Appr.». Le poids alloué à chaque contrainte multiplié par la valeur accordée pour chaque voie de solution est aux colonnes identifiées «Total». La matrice 5.1 indique clairement que le choix de la locomotive à cabine unique est préférable.

Tableau 5.1 : Matrice de décision pour l'arrangement général des locomotives

CONTRAINTES	Poids	Deux cabines		Cabine centrale		Cabine surélevée		Cabine unique	
		Appr.	Total	Appr.	Total	Appr.	Total	Appr.	Total
Châssis prescrit	1	1	1	0	0	1	1	2	2
Applicable immédiatement	1	1	1	0	0	0	0	2	2
Coûts de fabrication	2	0	0	2	4	0	0	2	4
Temps limité R et D	1	1	1	0	0	0	0	2	2
Lois et règlements	4	2	8	2	8	2	8	2	8
Infrastructures	4	0	0	1	4	2	8	2	8
Facteurs humains	4	3	12	2	8	1	4	3	12
TOTAL			23		24		21		38

5.1.2 Aménagement général de la cabine

5.1.2.1 Sièges et commandes solidaires et pivotants

Le siège et les commandes qui y sont fixées peuvent s'orienter selon le sens de marche.

Dans un tel poste, la position de l'opérateur est fixée de façon trop rigide. Cette rigidité, donc l'immobilisation du corps, même dans les meilleures conditions, est incompatible avec le confort. De plus, cette voie de solution nécessiterait une longue période de développement avant d'être applicable.

5.1.2.2 Sièges fixes et écrans

Le siège est orienté vers le nez court en tout temps. Lorsque la locomotive avance en sens contraire, un écran relié à une caméra située à l'extrémité du long nez permet à l'opérateur de voir.

Cette voie de solution est peu coûteuse. Mais les membres d'équipage verraient défiler à la fois l'image à l'écran et le paysage extérieur. Ceci créerait de la confusion au niveau des sens qui recevraient deux messages contradictoires quant au sens de marche. Pour palier à cet inconvénient, on peut obstruer la vision vers l'extérieure. Mais dans ce cas, il serait difficile pour les membres d'équipage de se sentir en confiance, car ils recevraient toute l'information visuelle de façon indirecte, soit par l'écran.

5.1.2.3 Sièges pivotants et quatre postes par cabine

Les sièges du chef de train et du mécanicien sont tous deux pivotants et peuvent bouger dans le sens longitudinal. Les membres de l'équipe changent de sièges et s'orientent selon le sens de marche de la locomotive. De cette façon, le mécanicien se trouve toujours à droite et le chef de train, à gauche.

Toutes les commandes et les affichages doivent être doubles. Ceci entraîne évidemment des coûts supplémentaires pour l'achat et l'entretien.

5.1.2.4 Choix d'un aménagement général des cabines

L'aménagement général des cabines a été choisi à l'aide d'une matrice semblable à celle de la sous-section précédente. Aux contraintes nous avons encore une fois ajouté le respect des facteurs humains. Quatre des contraintes auxquelles on a accordé la même appréciation pour toutes les voies de solution ont été éliminées de la matrice, pour ne conserver que les critères discriminants.

La matrice 5.2 indique clairement que le choix de la cabine à quatre postes et sièges pivotants est préférable.

Tableau 5.2 : Matrice de décision pour l'aménagement général des cabines

		Comm. intégrées et sièges pivotants		Siège fixe et caméra		Postes doubles et sièges pivotants	
		Appr.	Total	Appr.	Total	Appr.	Total
CONTRAINTES	Poids						
Applicable immédiatement	1	1	1	3	3	3	3
Coûts de fabrication	2	2	4	3	6	1	2
Temps limité R et D	1	0	0	3	3	3	3
Facteurs humains	4	2	8	0	0	3	12
TOTAL			13		12		20

5.1.3 Type d'affichages

Tel qu'ils existent à ce jour, les affichages sur écrans obligent l'utilisateur à naviguer pour accéder à une donnée en particulier. Ainsi deux cadrans, qui selon les exigences de la tâche devrait être considérés en parallèle, n'apparaîtront pas nécessairement au même écran. Évidemment, les employés appelés à se servir de cette nouvelle forme d'instrument devraient recevoir une formation.

Les affichages à cadrans et voyants traditionnels nécessitent une plus grande surface. Si l'on respecte les règles de l'art en déterminant l'emplacement des diverses composantes, toute l'information est immédiatement accessible à l'utilisateur.

En conséquence, considérant les avantages et les inconvénients de chaque voie de solution, l'équipe de conception a choisi les affichages traditionnels.

5.1.4 Position des affichages

Les affichages peuvent être positionnés sur un plan parallèle à l'axe longitudinal de la locomotive, comme sur les consoles de type conventionnel. L'espace disponible étant grand, cette voie de solution offre une plus grande liberté au moment de la conception. Mais le mécanicien devrait tourner la tête pour alterner entre les affichages et la voie, tel que sa tâche l'exige.

Si tous les affichages se trouvent sous le pare-brise, l'information est facilement accessible. Mais après une analyse plus poussée, on constate que cette solution n'est pas applicable. En effet, la surface disponible pour les affichages est trop petite

Les affichages pourraient être placés devant les yeux des opérateurs, au-dessus et au-dessous du niveau du pare-brise. L'information prioritaire serait située au-dessous du pare-brise où elle est plus facilement accessible. L'écran et les autres informations seraient au-dessus de la fenêtre. En plaçant l'écran à cet endroit, on réduit les moments où les reflets de la lumière extérieure nuiront à la lecture des informations affichées.

La dernière voie de solution a été choisie parce qu'elle est meilleure, du point de vue des facteurs humains.

5.1.5 Tablette d'appoint pour le chef de train

Quand la locomotive roule avec le long nez à l'avant, le chef de train pourrait disposer d'une tablette fixe à l'arrière de la cabine, à l'emplacement de la porte actuelle. Son champ de visibilité à l'extérieur serait plus grand, parce qu'il se trouverait plus près de la fenêtre. De plus, le poste du chef de train pourrait être aussi complet (présence de contrôle de la radio, d'espace de rangement, etc.) quel que soit le sens de marche. Mais cette voie de solution sous-entend que la porte serait déplacée sur l'un des murs latéraux. Dans cette position, on ne pourrait avoir accès à la passerelle. La porte servirait aux évacuations d'urgence seulement. Dans tous les autres cas, on devrait utiliser uniquement la porte située dans le nez court de la locomotive. Ceci serait moins pratique autant pour les équipages de train que pour les employés qui sont chargés des réparations et de l'entretien. Il faut aussi considérer que, du point de vue de la sécurité, il est préférable de conserver deux portes.

Considérant toutes ces données, l'équipe de conception a choisi de garder la porte arrière de la cabine et d'installer une tablette rétractable pour le chef de train. Cette tablette sera installée suffisamment en retrait pour permettre de circuler par la porte arrière même lorsqu'elle est déployée. Un indicateur de vitesse, un écran relié à l'ordinateur de bord et un écran relié à la caméra seront encastrés dans le mur du cabinet électrique et orientés vers le poste du chef de train.

5.1.6 Protection contre les émanations

L'ajout d'un système de climatisation a été considéré. Leurs coûts d'achat et d'entretien sont assez considérables, surtout si on considère le nombre de mois

d'utilisation sur les territoires du CN. Toutefois, un système de climatisation apportera aussi une amélioration du confort thermique en été.

On a également considéré l'emploi d'un déflecteur. C'est une solution peu coûteuse et efficace, sauf dans les longs tunnels.

Les résultats du questionnaire et des entrevues ainsi que les commentaires du personnel démontrent que les équipages de train accordent une grande importance à la question de la qualité de l'air et du confort thermique. C'est pourquoi, après avoir pesé le pour et le contre des deux voies de solution, l'équipe de conception recommande l'installation de système de climatisation à bord des locomotives.

5.2 Design détaillé

En pratique, l'aménagement d'un poste de conduite constitue toujours un compromis entre de nombreuses exigences humaines, techniques et économiques. Un tel compromis est jugé satisfaisant dans la mesure où il paraît acceptable et qu'il semble difficile d'en trouver un meilleur.

Pour déterminer la position, la forme et les dimensions des postes de conduite, les exigences biomécaniques, visuelles ainsi que les caractéristiques anthropométriques ont été considérées. Cette section décrit la méthode utilisée pour déterminer les dimensions et la position des principaux éléments de la cabine seulement. Pour plus de détails, on peut consulter les dessins de conception à l'annexe VI.

5.2.1 Mannequins bornes

Dans un premier temps, les variables critiques ont été déterminées à partir de l'analyse des postes de travail. Deuxièmement, des mannequins virtuels représentant la population cible ont été définis et générés en combinant des valeurs extrêmes observées dans la population américaine. Ces combinaisons représentent les bornes multivariées de la population à accommoder. Finalement, nous nous sommes assurés que la population du CN était incluse à l'intérieur de ces bornes.

Les tableaux de l'annexe V montrent, pour chacune des variables considérées, quelles sont les mesures utilisées comme minimum et maximum afin de déterminer les combinaisons qui doivent être satisfaites. Ces données sont tirées d'une part, des

résultats de la prise de mesures anthropométriques effectuée sur les employés du CN et d'autre part d'une banque de données de sujets américains (Gordon et al., 1989).

5.2.2 Position des postes

Les exigences visuelles ont joué un rôle important pour la détermination des dimensions des postes de conduite. En effet, c'est à partir des exigences visuelles que la position des yeux dans la cabine a été fixée. La position des yeux détermine évidemment celle du corps autour duquel sont positionnés les éléments des postes.

Les points suivants résument les principales étapes effectuées pour déterminer la position des yeux dans la nouvelle locomotive :

- évaluer la grandeur et la position du champ de visibilité des membres d'équipage dans les locomotives actuelles
- déterminer la position des yeux dans la nouvelle cabine en fonction des exigences visuelles et des données anthropométriques
- évaluer la grandeur et la position du champ de visibilité à partir de cette nouvelle position
- proposer des modifications de certains éléments de la locomotive, en fonction des améliorations souhaitées.

5.2.2.1 Position des yeux

Dans la plupart des cas, quand il s'agit de concevoir des postes de conduite, la position d'une ou de plusieurs pédales détermine, au moins en partie, la position des opérateurs. Dans le cas présent, une seule commande est activée par le pied et celle-

ci peut facilement être fixée au repose-pied. En optant pour un siège dont la hauteur de l'assise ainsi que celle du repose-pied sont réglables indépendamment, la position de l'opérateur dans l'espace n'est pas fixée rigidement. Si les autres éléments du poste de conduite ne posent pas de contraintes supplémentaires, tous les usagers seront à même d'ajuster leur siège de façon à ce que leurs yeux soient à l'intérieur d'une zone restreinte où le champ de visibilité vers l'extérieur est optimal.

Le but visé était de diminuer la zone aveugle dans la partie inférieure du champ de visibilité par rapport à celle des plus récentes locomotives du CN. Les parties latérale et supérieure du champ de visibilité devaient être, au moins, identiques.

Naturellement, plus l'oeil est approché du pare-brise, plus le champ de visibilité à l'extérieur sera grand. Parce qu'un champ de visibilité maximum vers l'extérieur est souhaitable, l'oeil sera positionné le plus près possible du pare-brise.

Plus l'oeil est haut, plus la distance minimum vue au sol diminue. Parce que la vision au sol est prioritaire, l'oeil sera le plus haut possible. Cependant, pour respecter les objectifs du champ de visibilité dans le sens vertical, il devra être sous le plan délimitant la partie supérieure du champ de visibilité dans les locomotives actuelles.

La position de l'oeil a été déterminée à partir des objectifs détaillés aux paragraphes précédents et de ces contraintes :

- dans le sens longitudinal, la longueur de la tablette du mécanicien ou la longueur fesses-genoux du mannequin borne, selon le cas le plus restrictif

- dans le sens transversal, les exigences gestuelles, plus précisément les mouvements du bras droit nécessaires à l'exécution du travail.

5.2.2.2 Modifications proposées

Certaines parties de la locomotive constituent des obstacles à la vision qu'il serait souhaitable d'éliminer. Des modifications mineures d'objets situés relativement près des yeux peuvent entraîner des améliorations importantes du champ de visibilité.

La partie inférieure du champ de visibilité est délimitée par le nez court de la locomotive. En biseautant la partie saillante du nez, on peut agrandir considérablement le champ de visibilité au sol et permettre au mécanicien de voir les membres de son équipe sur la plate-forme avant. Cette modification n'implique pas de coûts supplémentaires au niveau de la fabrication. Les changements initiaux nécessaires, au niveau des méthodes de fabrication, ont été jugés mineurs par les experts du CN consultés. Aucun élément essentiel de la cabine n'est touché. La réduction en terme d'espace de rangement est mineure. Toutefois, la plupart des employés devront se pencher pour franchir cette section de la cabine. Ceci ne différera pas beaucoup de la situation actuelle car la hauteur de la porte d'accès les force déjà à se pencher.

Avec une cabine ainsi modifiée, le champ visuel au sol est augmenté de 34%. La figure 5.5 illustre la différence du champ de visibilité au sol entre la cabine intacte et la cabine au nez biseauté. Le champ de visibilité de la locomotive au nez modifié est en traits pointillés.

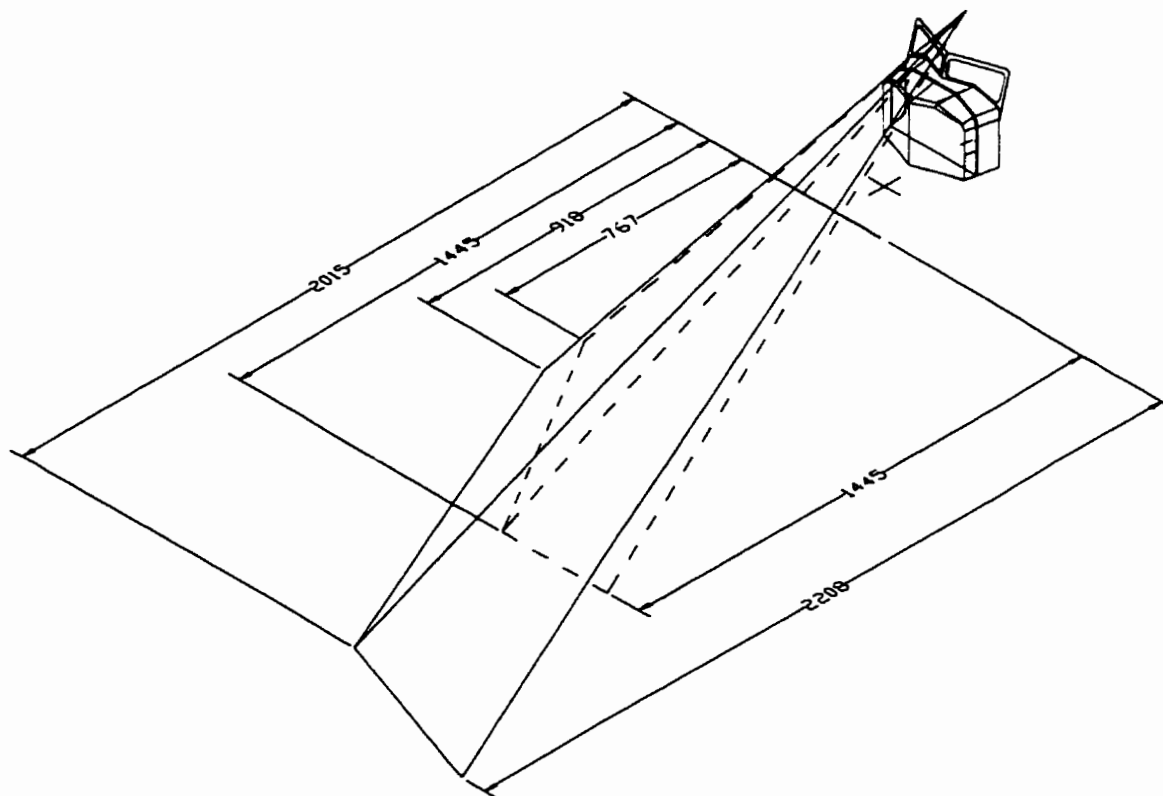


Figure 5.5 : Comparaison des champs de visibilité avec le nez intact et biseauté

La figure 5.6 représente la cabine après modification en traits pleins et avant, en traits pointillés. Le rectangle en longs traits pointillés est un cylindre représentant une femme du 5^e centile de stature, debout sur la plate-forme avant à droite. La petite partie tronquée et noircie du cylindre représente la portion visible à partir du poste du mécanicien. La nouvelle position de la zone des yeux et la modification du nez permettront aux mécaniciens de voir leurs coéquipiers sur la plate-forme avant à

droite, sauf s'il s'agit d'une femme de stature inférieure au 5^e centile, sans chapeau ou chevelure volumineuse.

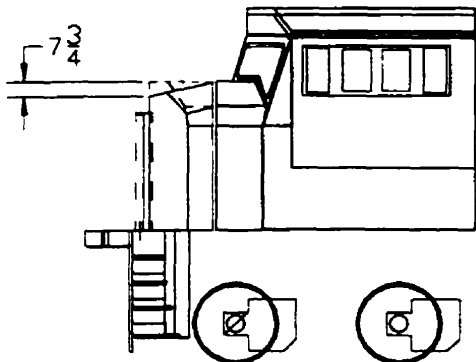


Figure 5.6 : Modifications au nez court de la locomotive

D'autre part, pour améliorer le champ de visibilité du mécanicien quand la locomotive roule avec le nez long en avant, il serait souhaitable de déplacer la section en saillie sur le côté de la carrosserie. Cette partie constitue un obstacle qui obstrue le champ de visibilité du mécanicien.

Finalement, en ajoutant une fenêtre de chaque côté de la carrosserie, près des coins arrière, on augmenterait le champ de visibilité dans le sens horizontal. Ceci serait particulièrement utile quand le train circule avec le nez long à l'avant.

5.2.3 Forme et dimension des éléments

5.2.3.1 Tablettes

Les tablettes doivent être aussi minces que possibles. Mais elles doivent être suffisamment épaisses pour contenir un clavier. En conséquence, l'épaisseur des tablettes a été fixée à 5 cm. Leurs profondeurs ont été déterminées à partir des exigences visuelles, de normes, et d'anthropométrie. En considérant à la fois le champ de visibilité à l'extérieur, la largeur minimum acceptable (MIL-STD 1472-D) et l'espace nécessaire pour les genoux, une profondeur de 40 cm a été choisie. La largeur de la tablette du mécanicien a été déterminée par la position des affichages et des commandes. Elle permet d'une part d'installer le panneau d'affichages et certaines commandes sur la tablette, et d'autre part d'obtenir un dégagement suffisant pour la manipulation des commandes du bloc de commandes.

D'après les données anthropométriques, pour que les sujets à longs troncs respectent les exigences quant au champ de visibilité extérieur vers le haut, la tablette peut être placée au maximum à 85,5 cm du plancher. Avant d'être déterminée de façon définitive cette hauteur a été comparée à celle qui est nécessaire pour les jambes les plus longues puissent être à la verticale. La tablette à 85,5 cm répond à cette exigence, car une hauteur minimum de 82,5 cm a été calculée comme suit.

Hauteur maximale des genoux, assis	67,5 cm
Épaisseur du talon	2,5 cm
Épaisseur du repose-pied	7,5 cm
Jeu entre le repose pieds et le sol	3,0 cm
Jeu minimum entre les cuisses et la tablette	2,0 cm
<hr/>	
Hauteur du dessous de la tablette par rapport au plancher	82,5 cm

On recommandera aux personnes ayant des jambes moins longues de positionner le siège à la même hauteur et d'utiliser le repose-pied. De cette façon, tous pourront avoir un plus grand champ de visibilité au sol.

5.2.3.2 Sièges

Le choix d'un siège qui semble répondre aux attentes des membres des équipages de trains était déterminé à l'avance par un des intervenants du CN. Il s'agit d'un siège existant dans certains modèles récents de locomotives. Ce siège est réglable en hauteur et muni d'un repose-pied également réglable. Il peut être déplacé longitudinalement sur un rail ancré au mur latéral de la cabine, puis fixé en place. Des rails permettant un mouvement de 125 cm (à gauche) et de 75 cm (à droite) permettront au mécanicien et au chef de train de se positionner face à l'un des quatre postes de travail.

La plage d'ajustement en hauteur nécessaire pour le siège est de 9,7 cm. Pour être en mesure de déterminer cette plage, la hauteur du poplité par rapport au plancher a été calculée de la façon suivante :

Hauteur de la tablette	85,5 cm
Épaisseur de cuisses épaisses	-20,1 cm
Jeu minimum entre les cuisses et la tablette	-2,0 cm
<hr/>	
Hauteur minimale du poplité au plancher	63,4 cm
Hauteur de la tablette	85,5 cm
Épaisseur de cuisses minces	-10,4 cm
Jeu minimum entre les cuisses et la tablette	-2,0 cm
<hr/>	
Hauteur maximale du poplité au plancher	73,1 cm

Pour obtenir ce résultat, on fixera le rail de façon à ce que sa partie supérieure soit à 49,2 cm du plancher de la cabine.

5.2.3.3 Bloc de commandes

La hauteur du bloc de commandes a été déterminée en considérant que si la main est appuyée sur une commande, le bras et l'avant-bras peuvent prendre diverses positions et définir un volume d'atteinte passablement grand. Les mannequins masculins et féminins ayant les combinaisons extrêmes pour le tronc, les cuisses et les bras ont été considérés. La hauteur du coude, correspondant à la hauteur idéale pour le centre du bloc de commandes, a été calculée pour chacun. En effectuant une

moyenne de ces valeurs, on a obtenu 84 cm comme hauteur pour le centre du bloc de commandes. Cette hauteur est à une distance allant jusqu'à 18 cm des valeurs extrêmes calculées. Mais, elle est à l'intérieur du volume d'atteinte même pour les mannequins ayant des combinaisons extrêmes.

Le bloc de commande est animé d'un mouvement de translation dans le sens longitudinal. En position sortie, il permettra au mécanicien d'effectuer les manoeuvres où le sens de marche est inversé régulièrement en se plaçant face à celui-ci. Un déplacement de 50 cm du bloc de commande permet au mécanicien de se placer au centre du bloc. Cette dimension a été calculée à partir de la position de la tablette et de la largeur des épaules les plus larges, tout en ajoutant un jeu pour permettre les mouvements.

5.2.2.4 Affichages

Aux postes du mécanicien de locomotive, les affichages sont disposés sur un tableau à plusieurs plans. Ces derniers sont perpendiculaires à la ligne de vision des mécaniciens. Leur distance par rapport au centre de la zone où se situent les yeux des mécaniciens est identique. Ils forment aussi un angle avec le plan vertical. Les affichages en haut et en bas du pare-brise sont orientés de façon à ce que l'angle entre ceux-ci et le centre de la zone où se situent les yeux, soit de 90° .

Tous les affichages au-dessous du pare-brise, aux postes du mécanicien de locomotive comme à celui du chef de train, sont protégés contre les reflets par un pare-soleil en forme de visière.

La position exacte de chaque composante ne peut être déterminée que si toute l'information technique est disponible. Dans le cas présent, ce n'était pas le cas. À ce stade, il faut donc considérer la position des affichages et des commandes comme approximative.

CONCLUSION

Le monde des chemins de fer, contrairement à celui d'autres moyens de transport, est un secteur d'activité où l'importance des facteurs humains n'est pas encore largement reconnue. C'est un domaine relativement ancien qui garde des traces de son histoire. On retrouve encore par exemple, des wagons où le frein à main est en haut, parce qu'à l'origine les employés devaient courir sur les wagons pour contrôler les freins. Ces freins devraient être depuis très longtemps à la portée des employés au sol. Les cabines des locomotives actuelles souffrent aussi de ce manque d'attention accordé aux facteurs humains.

Le taux d'accommodation anthropométrique dans les locomotives actuelles est faible. Il est presque nul dans les locomotives de type pupitre. Outre le fait d'une erreur de la part des concepteurs, le taux d'accommodation pour les postes de conduite est généralement faible. Ceci est dû au grand nombre de variables critiques et à la longueur des chaînes articulées. Dans ce projet, en choisissant un siège et un repose-pied réglables en hauteur ainsi qu'un bloc de commandes mobiles, nous pouvons obtenir un pourcentage d'accommodation beaucoup plus élevé.

Une maquette en vraie grandeur de l'aménagement proposé est présentement en construction. Elle permettra de valider le concept et d'effectuer, au besoin, des modifications mineures. Elle servira aussi à présenter les résultats de l'étude aux dirigeants du CN, aux représentants des employés, des fabricants, d'autres compagnies de transport ferroviaire et de l'AAR.

Les dirigeants du CN, s'ils désirent que l'aménagement conçu devienne la norme, doivent convaincre d'autres compagnies de transport ferroviaire d'adopter cette cabine. Les premières démarches en ce sens sont prometteuses, plusieurs compagnies et des membres de l'AAR ayant déjà exprimé officieusement leur accord.

Le concept proposé permet aux compagnies ferroviaires de choisir un aménagement général des cabines en fonction de leurs besoins. En effet, ils peuvent choisir d'avoir de un à quatre postes de travail. Ils peuvent aussi déterminer quelles composantes ils désirent, comme l'écran cathodique par exemple.

À ce stade, les fabricants de locomotive devront effectuer le développement final et développer les aspects techniques de la production. En décidant de faire concevoir une locomotive alors qu'ils dirigent une compagnie dont l'activité principale est le transport ferroviaire, les dirigeants du CN ont utilisé une méthode peu orthodoxe pour tenter d'obtenir que leur cabine devienne la norme. À ce jour, la réaction des représentants des autres compagnies de transport ferroviaire, de l'AAR ainsi que des fabricants de locomotives semble indiquer que cette méthode aura réussi à atteindre le but.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSSON, K., KARLEHAGEN, S. et JONSSON, B. (1987 sept). L'importance de varier les conditions d'utilisation des questionnaires (pour l'analyse des symptômes de troubles locomoteurs des travailleurs). (En anglais : The importance of variations in questionnaire administration). *Applied Ergonomics*, vol. 18, p. 229-232.

ANDREJCHIKOV, A.V., KOCHETOV, O.S. et GRISHIN, V.A. (1986 mai). *Systèmes d'isolation antivibratile à structure variable*. (En russe : Pnevmaticheskie sistemy vibroizoljacji s peremennoj strukturoj). Mashinostroitel, p. 27.

ANONYME (1987 a mai). Just spare a thought for the driver. *Occupational Health*, vol. 39, no 5, p. 154-156.

ANONYME (1987 b mai). Too tired to drive ? *Occupational Health*, vol. 39, no 5, p. 152-153.

ASSOCIATION CANADIENNE D'ERGONOMIE, (1994). *Comptes rendus du 12^e Congrès triennal de l'Association internationale d'ergonomie, Volume 4 : Ergonomie et design*. Ottawa, p. 255-297, ISBN 0-9698544-3-9.

BARDAC, D.I. (1973 juillet). La sollicitation neuropsychique et la fatigue chez le personnel de conduite des locomotives diesel-électriques. (En roumain : Solicitarea neuropsihica .i oboseala la personalul ce lucreaza pe locomotiva Diesel electrica), *Igiena*, vol. 22, Bucarest, Roumanie, p. 421-430.

BIT (1979). *Conditions de travail dans les transports ferroviaires*. Rapport III, Commission des transports internes de l'Organisation internationale du Travail, Dixième session, Bureau international du Travail, Genève, Suisse, 74 p., ISBN : 92-2-102079-7.

BOULANGER, P., ROURE, L., GALMICHE, J.-P. et coll. (1983). Le siège de conducteur : son adaptation aux exigences de la conduite. *Numéro spécial de Travail et Sécurité*, I.N.R.S., Vandoeuvre, France, p. 78-95.

BRECHBUHL, A. (1985). *New developments and recommendations for the construction of motorbuses*. Recommendations for the standardization of articulated motorbuses, 46th International Congress, International Commission for the study of motorbuses, International Union of Public Transport (UITP), Brussels.

BROYDE, F., DONATI, P. (1987 September). *Laboratory Study of Discomfort Due to Railway Vibration*. Informal Group on Human Response to Vibration, Shrivenham, 21-22, 17 p.

BRULIN, C., JONSSON, B., KARLEHAGEN, S., GUNNAR JENSSEN, P. et ROMI, M. (1988). *Troubles musculo-squelettiques chez des membres du personnel de gares de chemins de fer en Finlande, en Norvège et en Suède*. (En suédois : Besvär i rörelseorganen bland bangardspersonal i Finland, Norge och Sverige). Arbetsmiljöinstitutet, Förlagstjänst, 171 84 Solna, Suède, 40 p., ISBN : 91-7045-001-3.

BRULIN, C., JONSSON, B. et KARLEHAGEN, S. (1985). *Troubles de l'appareil locomoteur chez des cheminots. Enquête épidémiologique descriptive*. (En suédois : Besvär i rörelseorganen bland bangardspersonal. En deskriptiv epidemiologisk studie). Arbetarskyddsstyrelsen, Publikationsservice, 171 84, Solna, Suède, 58 p., ISBN : 91-7464-280-4.

CHIRON, M. (1983). Pathologie rhumatologique des conducteurs routiers : étude bibliographique. Cahiers de notes documentaires. *Sécurité et hygiène du travail*. no 111, France, p. 167-175

CN (1995). *Manuel d'exploitation*, Montréal.

CN (1993). *Manuel d'exploitation triage Taschereau*. Montréal.

CN (1987). *Manuel d'opération pour mécaniciens de locomotives*.

CN ÉDUCATION (1995). *Fonctionnement de la loco-commande (trilage en palier)*. Montréal, 114 p.

CN, SERVICE DE L'EXPLOITATION (1990). *Instructions générales d'exploitation*.

CN, SERVICES LINGUISTIQUES (1986). *Lexique des locomotives diesels-électriques*.
Montréal.

CN, SERVICES LINGUISTIQUES(1989). *Vocabs*. Montréal.

COHEN, H.H., WASSERMAN, D.E. et HORNUNG, R.W. (1977). Human Performance and Transmissibility under Sinusoidal and Mixed Vertical Vibration. *Ergonomics*, vol. 20, No. 3, p. 207-216.

COMITÉ NATIONAL DES NORMES DE L'URSS (En russe : Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam) (1981 mai). *Locomotives électriques et locomotives diesel pour voie de 1520mm - Règles de sécurité*. (En russe : Elektrovozy i teplovozy kolej 1520mm - Trebovanija bezopasnosti). Izdatel stvo standartov, Novopresnenskij per. 3, 123557 Moskva, URSS, 37 p.

CORBRIDGE, C. et GRIFFIN, M.J. (1986). Vibration and comfort : vertical and lateral motion in the range 0.5 to 5.0 Hz. *Ergonomics*, vol. 29, no 2, p. 249-272.

DANIELS, G.S. (1952). *The Average Man*, Technical Note no CRD 53-7. Aero Medical Laboratory. Wright Air Development Center.

DE LONGCHAMP, J.H. (1973). *Operator Seat Design Problems in Reference to Theoretical Vibration Isolation and Practical European Recommendations*. SAE, paper no. 730824.

DÉPARTEMENT DE LA DÉFENSE DES USA (En anglais : Department of defense) (1989). *Human engineering design criteria for military systems, equipment and facilities*. MIL-STD-1472D.

DÉPARTEMENT DES TRANSPORTS DES USA (En anglais : Department of Transportation) (1980 mars). *Normes de sécurité relatives aux locomotives et inspection du matériel*. (En anglais : Railroad locomotive safety standards and locomotive inspection). 49 Code of Federal Regulations, Part 229 and 230. Federal Register, vol.45, p. 21091-21124.

DONATI, P., MISTROT, P. et al. (1988 September). *Vibration Discomfort Experienced by a Driver when a Lorry Runs Over Obstacles (Preliminary Experiment)*. Paper presented at the UK and French Joint Meeting on Human Response to Vibration, Vandoeuvre, France, I.N.R.S., 15 p.

DUPOUIS, H., DRAEGER, J. et HARTUNG, E. (1975). *Vibration transmission to different parts of the body by various locomotions*. Biomechanics V-A, 1 A University Park Press, p. 537-543.

DUPUIS, H., GROSS, K.U., HARTUNG, E., OSENBERG, W., SCHÄFER, N. et WERNER, U. (1982). *Sièges de conducteur faiblement vibrants pour véhicules utilitaires et machines*. (En allemand : Schwingungsarme Fahrersitze für Nutzfahrzeuge und Arbeitsmaschinen). VDI-Verlag, Postfach 1139, 4000 Düsseldorf, République fédérale d'Allemagne, 163 p., ISBN : 3-18-400526-7.

DUPUIS, H. et ZERLETT, G. (1986). *The Effects of whole body vibration*. Springer-Verlag, New York, 162 p.

ESSEX CORPORATION (MALONE T.B., KRUMM, R.L., SHENK, S. et KAO, H.) (1972 September). *Human Factors Criteria for vehicle Controls and Display*. Appendix A, B, C, D. Prepared for US Department of Transportation, Washington, DC.

FAIRLEY, T.E. et GRIFFIN, M.J. (1988). Prediction the Discomfort caused by Simultaneous Vertical and Fore-and-Aft Whole-Body Vibration. *Sound and Vibration*, vol. 124, no 1, p. 141-156.

FOLEY, D.E. et ALLEMANG, R.J. (1988 July). *Vibration Considerations Concerning Vehicular Seating Systems*. Experimental Techniques, p. 19-21.

FORTIER, R. et TRUDEW, J.P. (1982). *Conduite des camions et visibilité en marche arrière*. Département de génie industriel, École polytechnique de Montréal, 98 p.

FORTIN, C. (1992 a). *Safework : Spécification de conception du module I : anthropométrie, chaînes interarticulaires et vision*. Rapport de recherche, Université du Québec à Montréal, département de kinanthropologie, 115 p.

FORTIN, C. (1992 b). *SAFEWORK : Projet 20 : Procédure de Monte-Carlo et populations multinormales*. Rapport de recherche, Université du Québec à Montréal, département de kinanthropologie, 18 p.

FORTIN, C. et GILBERT, R. (1987 a). *Safework : Un logiciel d'analyse et de conception de postes de travail*. Département de génie industriel, École Polytechnique de Montréal, 100 p.

FORTIN, C. et GILBERT, R. (1987 b). *Anthropométrie et dimensionnement des postes de travail*. Projet Safework, Rapport technique EPM/RT-87-34, Département de génie industriel, École Polytechnique de Montréal, 96 p.

FORTIN, C. et GILBERT, R. (1987 c). *Modélisation des données anthropométriques (Tome I) et Annexes (Tome II)*. Rapports techniques EPM/RT-87/35 et EPM/RT-87/36, Département de génie industriel, École Polytechnique de Montréal, 61 et 259 p.

FORTIN, C. et GILBERT, R. (1984). *Évaluation ergonomique de la conception des sièges d'opérateurs de trois chargeuses*. Demix, division béton/agrégats, carrière de Varennes, 23 p.

FORTIN, C., GILBERT, R., BEUTER, A., LAURENT, F., SCHIETTEKATTE, J., CARRIER R., et DE CHAMPLAIN, B. (1990). Safework : A Micro-computer Aided Workstation Design and Analysis. New Advances and Future Development. *Computer-Aided Ergonomics, A Researcher's Guide*, Chapitre 12, Taylor and Francis, p. 157-180.

FURSOV, V.D. et STAVICKIJ, S.A. (1974 juin). *Accélération du déclenchement de la protection contre les courants de fuite provenant de chargeurs de batteries de mine.* (En russe : Povyshenie bystrodejstvija zashchity ot utechek toka rudnichnyh zarjadnyh ustrojstv). Ugol Ukrainy, Kiev, URSS, p. 37-38.

GAMST, F.C. (1975 avril). Étude du poste de conduite des locomotives diesel-électriques sous l'angle des facteurs humains. (En anglais : Human factors analysis of the diesel-electric locomotive cab). *Human Factors*, vol. 17, Baltimore, USA, p. 149-156.

GENERAL MOTORS CORPORATION, ELECTRO-MOTIVE DIVISION (1995). *SD701 Operator's Manual*, Canadian National Railways, Units 5600 thru 5625, Illinois.

GILBERT, R. (1992 june). *The state of the art in driver workstation design. Keynote lecture.* Canadian Society for Mechanical Engineering, Montréal (Québec), Canada.

GILBERT, R., ARCHER, K. et CARRIER R. (1988 a). *Étude ergonomique pour le réaménagement des loges de conduite des MR-63 du métro de Montréal*. STCUM, 212 p.

GILBERT, R., CARRIER R. et BERTRAND G. (1988 b). *Expertise concernant la détermination des spécifications du siège des loges de conduite des MR-63 du métro de Montréal*. STCUM, 64 p.

GILBERT, R., CARRIER, R., SCHIETTEKATTE, J., FORTIN, C., CHAMPLAIN, B. De, CHENG, H.N., SAVARD, A., BENOIT C. et LACHAPELLE, M. (1989 c May). *Safework : A Software to Analyse and Design Workplaces. Proceedings of the NATO Workshop on Human Operator Models*, Plenum Press Publishing.

GILBERT, R. et TOULOUSE, G. (1983 a). *Postes de pilotage d'équipements lourds : synthèse des analyses bibliographiques et recommandations*. CSST, 72 p.

GILBERT, R. et TOULOUSE, G. (1983 b). *Analyse de documents concernant la santé et la sécurité associés à la conduite de véhicules lourds*. CSST, 566 p.

GOLDMAN, E.I., DMITRIEV, E.A. et SUHACHEVA, A.B. (1983 août). *Les essais de locomotives diesel au frein rhéostatique et leur évaluation sur le plan de l'hygiène*. (En russe : Reostatnye ispytaniya teplovozov i ih gigenicheseskaja o cenka). *Gigiena truda i professionalnye zabolevanija*, p. 27-31.

GORDON, C.C., CHURCHILL, T., CLAUSER, C.E., BRADTMILLER, B., McCONVILLE, J.T., TEBBETTS, I. et WALKER, R.A. (1989), *1988 Anthropometric survey of U.S. army personnel : Summary statistics interim report*, Technical report Natick/TR-89/027, Massachusetts, 336 p.

GRANDJEAN, E. (1985). *Précis d'ergonomie*. Les éditions d'organisation, Paris, p 155-178, ISBN : 2-7081-0525-6.

GRIFFIN, M.J. (1975). Vertical vibration of seated subjects : effects of posture, vibration level and frequency. *Aviat Space Environ Med*, vol. 46, no 3, p. 269-276.

GRIFFIN, M.J. (1978). The Evaluation of Vehicle Vibration and Seats. *Applied Ergonomics*, vol. 9, no 1, p. 15-21.

GRIFFIN, M.J. (1988 sept.). *International Standard 2631 and British Standard 6841 : A Comparison of Two Guides to the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration and Repeated Shock*. UK and French Joint Meeting on Human Response to Vibration, I.N.R.S., Vandoeuvre, France, 18 p.

HARMS, U.; DOMNICK, R. et LESSING, G. (1988). Expérience tirée de l'analyse des résultats de deux enquêtes cas-témoins conduites auprès de responsables d'accidents de chemins de fer. (En allemand : Erfahrungen in der Auswertung zweier Fall-Kontroll-Studien mit Verursachern von Bahnbetriebsunfällen). *Zeitschrift für die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete*, vol. 34, p. 200-202.

HEDBERG, G. (1987 mars). Évaluation de la cabine de conduite d'une locomotive Rc5. (En anglais : Evaluation of the driver's cab in the Rc5 engine). *Applied Ergonomics*, vol. 18, p. 35-42.

HEDBERG, G. (1987). Enquêtes épidémiologiques et ergonomiques auprès de chauffeurs professionnels. (En anglais : Epidemiological and ergonomic studies of professional drivers). Arbetarskyddsstyrelsen, Publikationsservice, 171 84 Solna, Suède, 76 p., ISBN : 91-7464-339-8.

HEDBERG, G. et WIKSTRÖM, L. (1984). *Évaluation de la cabine de conduite dans la locomotive modèle Rc5 - 1^{ère} partie : Analyse ergonomique.* (En suédois : Utvärdering av förarhytten i lok typ Rc5 - Del 1. Ergonomisk analys). Arbetarskyddsstyrelsen, Publikationsservice, 171 84 Solna, Suède, 53 p.

HEDENDAHL, J., ENGLUND, K. et LANDSTRÖM, U. (1983). *Infrasons à bord de locomotives électriques - Évaluation du point de vue de l'hygiéniste.* (En suédois : Infraljud i RC-lok - En hygienisk bedömning). Arbetarskyddsstyrelsen, Fack, 171 84 Solna, Suède, 39 p.

HEINO, M., KETOLA, R., MÄKELÄ, P., MÄKINEN, R., NIEMELÄ, R., STARCK, J., PARTANEN, T., HANNUNKARI, I. et JÄRVINEN, E. (1978). Conditions de travail et état de santé des mécaniciens de locomotive - I. Bruit, vibrations, confort thermique, composants des gaz d'échappement des moteurs diesel, ergonomie. II. Enquête par questionnaire, mortalité, incapacité de travail. (En anglais : Work conditions and health of locomotive engineers - I. Noise, vibration, thermal climate, diesel exhaust constituents, ergonomics. II. Questionnaire study, mortality and disability). *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, vol. 4, supplément 3, Helsinki, Finlande, p. 3-28.

HELMERS, G., LOVSUND, P., MAGNUSSON, G., MOREN, B., OSTROM, C.A. (1983), *The working environment for bus drivers : physical and ergonomical studies*. National Swedish Road and Traffic Research Institute, p.31-34.

HERTZBERG, H.T.E., DANIELS, G.S. et CHURCHILL, E. (1954). *Anthropometry of Flying Personnel - 1950*, Technical Report 52-321, Wright Air Development Center, Wright Patterson Air Force Base, Ohio.

ISAEVA, M.N. et PIVOVAROVA, A.V. (1973). *Particularités individuelles de l'activité nerveuse supérieure chez les ingénieurs de locomotives, d'après les tracés encéphalographiques et les réactions galvaniques de la peau*. (En russe : Nekotorye individualnye osobennosti vysshej nervnoj dejatel'nosti u mashinistov lokomotivov po pokazateljam elektroencefalografii i kozhno-galvanicheskoj reakcii). Nauchnye raboty institutov ohrany truda VCSPPS, Moskva, URSS, p. 27-31.

KELSEY, J.L. et HARDY, R.J. (1975). Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. *Am J. Epidemiology*, vol. 102, no 1, p. 63-73.

KOMPIER, M. (1984). Bus Driver in The City. An Occupation With High Risk to Health (en hollandais : stadsbuschauffeur, een beroep met hoge risico's voor de gezondheid), *Nederlands Transport*, vol. 36, no 2, p. 8-14.

LARUE, C., GIGUÈRE, D. *Use of a Coordinate Measuring Machine and of Computer Assisted Drawing for the Measurement of Blind Spots Around Trucks : A Feasibility Study*. Safety- Ergonomics research Program, IRRST, Montréal, 4 p.

LEATHERWOOD, J.D. (1975). *Vibration Transmitted to Human Subjects through Passenger Seats and Considerations of Passenger Comfort*. NASA Tech. Note D-7929, Washington, DC, 54 p.

LEVICKIJ, A.L. et SIBAROV JU.G. (1977). *Sécurité et hygiène du travail dans l'exploitation des locomotives*. (En russe : Ohrana truda v lokomotivnom hozjajstve). Izdatel stvo "Transport", Basmannyj tup. 6a, Moskva, URSS, 206 p.

MASON, S. (1987). *Compte rendu du séminaire sur l'ergonomie des locomotives et des véhicules routiers*. (En anglais : Proceedings of the seminar on the ergonomics of locomotives and free-steered vehicles). Institute of Occupational Medicine, Roxburgh Place, Edinburgh EH8 9SU, Royaume-Uni, 44 p.

MBA ASSOCIATES (1979). *Improved visibility systems for large haul vehicles*. US Department of Transportation.

McCANN, C., NOY, I., RODDEN, B. et LOGAN, O. (1975). *1974 Anthropometric Survey of Canadian Forces Personnel*, DCIEM Report No. 75-R-1114, Defense and Civil Institute of Environmental Medicine, Downsview, Ontario.

McFARLAND, R.A., DAMON, A., SOUTDT, H.W., MOSELEY, A.L. DULOP, J. et HALL, W.A. (1953). *Human body size and capabilities in the design and operation of vehicle equipment*. Harvard School of Public Health.

McVEIGH, E. (1983). *Vancouver bus driving : a study in stress*. British Columbia Public Interest Research Group, Burnaby, ISBN 091990100X.

MILLER, J.M. (1976). Efforts to reduce truck and bus operator hazards. *Human Factor* 18 (6), p. 553-560.

MINNSEN, H. et HANSEN, I. (1989). *Conception ergonomique et application des nouvelles technologies aux systèmes de transport suburbain de voyageurs*. (En allemand : Menschengerechte Gestaltung und Anwendung neuer Techniken im öffentlichen Personennahverkehr). Wirtschaftsverlag NW, Postfach 10 11 10, D-W-2850 Bremerhaven 1, 214 p., ISBN : 3-88314-975-6.

MONOD, H., BOUISSET, S., ROHR, P. et WISNER, A. (1961). *Problèmes physiologiques posés par les transports*. Revue de métrologie, Paris.

MORTENSEN, J.T. (1986). *Altérations des spermatozoïdes induites par des facteurs professionnels et révélée par une enquête menée auprès de personnes venues en consultation pour des problèmes de stérilité*. (En danois : Erhvervsbetingede saedcellepavirkninger - belyst ved undersogelse af et fertilitetsklientel). Arbejds miljøfondet, Vesterbrogade 69, 1620, Kobenhavn V, Danemark, 157 p., ISBN : 87-7359-270-6.

MULDERS, H., MEIJMAN, T., MULDER, B., KOMPIER, M., BROERSEN, S., WESTERINK, B. et O'HANLON, J.F. (1988). *Occupational stress in city bus drivers - road user behavior theory and research*. Papers presented at the 2nd International Conference on road safety held in Groningen, Netherlands, p. 348-358, ISBN : 90-232-2369-1.

NATIONAL SAFETY COUNCIL (1985). *Locomotives commandées à distance par radio*. NSC Data Sheet I-707-85. (En anglais : Radio-remote-control locomotives). National Safety Council, 444 North Michigan Ave., Chicago, IL 60611, USA, 4 p.

NORME INTERNATIONALE ISO 2631/1 (1978). *Estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps. Partie 1 : spécifications générales*.

PARSONS, K.C. et GRIFFIN, M.J. *Predicting the Vibration Discomfort of Seated Passengers*. Inst. of Sound & Vibration Research, Southampton, UK, 9 p.

PATTERSON, P. K., EUBANKS, T.L. et RAMSEYER, R. (1986). Back discomfort prevalence. *AAOHN Journal*, 34 (10), p. 481-484.

PEPLER, R.D., VALLERIE, L.L. et coll. (1978). *Development of Techniques and Data for Evaluating Ride Quality, Volumes I, II, III*. Transportation Systems Center, Cambridge, MA., No. DOT-TSC-RSPD-77-1-I-II-III. 17, 164, 48 p.

PEREKREST, A.I. (1976 déc). *Altérations de l'ouïe chez les personnes travaillant sur des locomotives électriques*. (En russe : *Izmenenie sluha u lic, rabotajushchih na elektrovozah*). *Gigiena truda i professional nye zabolevanija*, Moskva, URSS, p. 37-39.

PETTIT, G.P. (1966). *Human factors analysis of rear-view mirrors for motor vehicles, technical reports 11-66*. Human Engineering Laboratories, U.S. Army.

PIETSCH, H. (1984). *The automatic leveling air suspension seat for industrial vehicles, SAE Technical Paper Series Reference number 840507*. International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, Society of Automotive Engineers Inc., 11 p.

POKORNY, M.L.I., BLOM, D.H. et coll. (1987). Shift sequences, duration of rest periods, and accident risk of bus drivers. *Human Factors*, 29 (1), p. 73-81.

POPE, M.H., WILDER, I.G. et FRYMOYER, J.W. (1980). *Vibration as an etiologic factor in low back pain*. I Mech E., p. 11-17.

PROHOROV, A.A., SUVOROV, S.V. et GRIBANOV, O.I. (1981). *Manuel d'hygiène du travail à l'usage des cheminots*. (En russe : Rukovodstvo po gijene na zheleznodorozhnom transporte). Izdatel stvo "Medicina", Petroverigskij per. 6/8, Moskva, URSS, 382 p.

RAKHEJA, S. (1983). *Computer aided Dynamic Analysis and Optimal Design of Suspension Systems for Off-Road Tractors*. Thèse de doctorat, Faculté de génie et de science informatique, Université Concordia, Montréal, Canada, 354 p.

RATNER, E.M., DEMINA, D.M., EVLAMPIEVA, M.N., SHKOL NIKOV, B.I., KIRPICHNIKOV, A.B., KAHOJAN, E.G. et STRELJAEVA, N.E. (1983 juin). *Établissement de normes microclimatiques pour les personnes dont le travail exige un effort mental (exemple d'une cabine de locomotive de route)*. (En russe : Kvoprusu o normirovanii mikroklimate dlja lic umstvennogo truda (naprimere kabiny mashinista magistral nogo lokomotiva)). *Gigiena truda i professional nye zabolevanija*, p. 10-15.

REICH, R. (1986). *Exposition au bruit du personnel d'entretien des locomotives dans les dépôts de machines de la Société des chemins de fer de la République démocratique d'Allemagne*. (En allemand : Zur Lärmbelastung des Wartungspersonals von Triebfahrzeugen in Bahnbetriebswerken der Deutschen Reichsbahn). *Verkehrsmedizin und ihre Grenzgebiete*, vol. 33, p. 1-10.

RICHARDS, L.G., JACCBSON, I.D. et coll. (1979). Comfort Reactions to Bus Motions on Curved Roadways, *Ergonomics*, vol. 22, no 5, p. 517-519.

RICHARDS, L.G., JACOESON, I.D. et BARBER, R.W. (1978). Ride Quality Evaluation in Ground Based Vehicles : Passenger Comfort Models for Buses and Trains. *Ergonomics*, vol. 21, no 6, p. 463-472.

ROBINSON, J., PICCIONE, D., LAMERS, G. (1976). *Locomotive Cab Design Development, Volume I : Analysis of Locomotive Cab Environnement & Development of Cab Design Alternatives*. Boeing Vertol Compagny.

ROBINSON, J. (1976). *Locomotive Cab Design Development, Volume III : design Application Analysis*. Boeing Vertol Compagny.

ROEBUCK, J.A., JR., KROEMER, K.H.E., THOMSON, W.G. (1975). *Engineering anthropometry methods*. John Wiley and Sons, Wiley-Interscience Publication, New York, 473 p.

ROHMERT, W. et JENIK, P. (1973 nov). *L'harmonogramme, méthode d'étude des relations homme-véhicule-travail*. (En allemand : Das Harmonogramm als Methode zur Untersuchung der Beziehungen Mensch-Fahrzeug-Arbeit). *Arbeitsmedizin - Sozialmedizin - Präventivmedizin*, Stuttgart, Allemagne, (Rép. féd.), vol. 8, p. 249-254.

SAE Handbook, Tome 2, Procedures : SAE J 941 e, J 1138, J 287, J 1139. p. 34-91.

SANDERS, M.S. et McCORMICK, E.J. (1993). *Human factors in engineering and design*, McGraw-Hill, p. 132-159, 334-382 et 764-768, ISBN : 0-07-054901-X.

SANDOVER, J. (1988). Behavior of the spine under shock and vibration : a review. *Clin. Biomech. vol. 3, no 4*, p. 249-256.

SCHIEFER, W. (1974). *Problèmes de sécurité associés à la télécommande radio des chemins de fer d'usine*. (En allemand : Sicherheitstechnische Aspekte bei der Funksteuerung von Werksbahnen). Heft 18, Moderne Unfallverhütung, Vulkan-Verlag, Haus der Technik, 43 Essen, Allemagne, (Rép. féd.), p. 100-104. ISBN : 3-8027-4118-8.

SCHULZ, G. et HAERING, H.U. (1974 juillet). *Élimination du bruit impulsif des locomotives diesel*. (En allemand : Beseitigung von Impulslärm bei Diesellokomotiven). Stahl und Eisen, Düsseldorf, Allemagne, (Rép. féd.), vol. 94, p. 618-626.

SEASHORE, C.G. et LUNDQUIST, E.C. (1968). *L'application scientifique de l'optique et de la prévention des accidents à l'utilisation du rétroviseur chez les conducteurs professionnels*.

SOKOLOVA, E.G., LOSEVA, E.I., SOSNOVA, T.L. et FRID JU.V. (1974 août). *Paramètres optimaux concernant l'éclairage artificiel dans une cabine de locomotive*. (En russe : Ob optimal nyh parametrah iskusstvennogo osveshchenija v kabine lokomotiva). Gigiena i sanitarija, Moskva, URSS, p. 20-23.

SOSNOVA, T.L. (1983 août). *Effets des activités liées à la conduite d'un train sur le champ périphérique de la vision chromatique*. (En russe : Vlijanie poezdnoj raboty na sostojanie perifericheskikh cvetovyh polejzrenija rabotnikov lokomotivnyh brigad). *Gigiena truda i professional nye zabojevanija*, p. 51-52.

SVENSSON, G. (1977). *Conditions de travail des ingénieurs de locomotives dans les chemins de fer suédois - Analyse des problèmes et recherches nécessaires (en vue de les améliorer)*. (En suédois : Arbetsmiljön för lokpersonal vid SJ. Problemanalys och forskningsbehov). *Undersökningsrapport 1977 : 25*, Arbetskyddsstyrelsen, Fack, 100 26 Stockholm 34, Suède, 153 p.

SWART, B. (1978 March). The drivers world : the human aspect. *Fleet Owner*, p. 86-91.

THÉRIAULT, G., TREMBLAY, C. et PARADIS, G. (1986). *Étude de faisabilité d'une étude sur la santé des chauffeurs d'autobus, opérateurs de métro et employés des services connexes au transport de la STCUM*. École de santé au travail, Québec, McGill, 51 p. et annexes.

TIMM, R. (1980). *Examen de la capacité de perception des signaux dans des conditions d'acuité visuelle réduite*. (En allemand : Untersuchungen zur Signalwahrnehmung bei verminderter Sehschärfe). *Verkehrsmedizin und ihre Grenzgebiete* 1980, vol. 27, p. 25-32.

TORSVALL, L., AKERSTEDT, T. et GILLBERG, M. (1981). Âge, sommeil et heures de travail irrégulières : étude sur le terrain avec électroencéphalogrammes, excrétion des catécholamines et observations subjectives. (En anglais : Age, sleep and irregular workhours : A field study with electroencephalographic recordings, catecholamine excretion and self-ratings). *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, sept. 1981, vol. 7, p. 196-203.

TROUP, J.D.G. (1978). Driver's back pain and its prevention. A review of the postural, vibratory and muscular factors, together with the problem of transmitted road-shock. *Applied Ergonomics*, 9.4, p. 207-214.

VIADANA, E., BROSS, I.D.J. et HOUTEN, L. (1976 déc). Le cancer associé à l'absorption ou à l'inhalation de produits chimiques ou de produits de combustion. (En anglais : Cancer experience of men exposed to inhalation of chemicals or to combustion products). *Journal of Occupational Medicine*, vol. 18, Chicago, USA, p. 787-792.

WAACK, H.P. et TÖPFER, K. (1984). *Infrasons et véhicules sur rails*. (En allemand : Infraschall auf Schienenfahrzeugen). *Verkehrsmedizin und ihre Grenzgebiete* 1984, vol. 31, p. 181-188.

WADE, J.F. et NEWMAN, L.S. (1993 fév.). Asthme dû aux émanations de diesel - Pathologies réactives des voies aériennes consécutives à une surexposition aux gaz d'échappement des locomotives. Études de cas. (En anglais : Diesel asthma - Reactive airway disease following overexposure of locomotive exhaust). *Journal of Occupational Medicine*. vol. 35, p. 149-154.

WILDE, G.J.S. et STINSON, J.F. (1980). Accidents dans les cabines de conduite des locomotives. (En anglais : Injuries in locomotive cabs). *Journal of Safety Research* 1980, vol. 12, p. 179-184.

WINDBERG, H.J. (1991). *Interactions entre les exigences professionnelles et la conception des postes de travail dans les transports*. (En allemand : *Über die Wechselwirkungen zwischen den beruflichen Anforderungen und der Gestaltung der Arbeitsplätze in Fahrberufen*). Organisme : Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Wirtschaftsverlag NW, Postfach 10 11 10, Am Alten, Hafen 113-115, D-W-2850 Bremerhaven 1, Allemagne, 229 p., ISBN : 3-89429-144-3.

WISNER, A. et MARCELIN, J. (1971). *À quel homme le travail doit-il être adapté ?* Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie. Rapport no 22, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, France.

WOODSON, W.E., TILLMAN, B., TILLMAN, P. *Human Factors Design Handbook*. McGraw-Hill, p. 728-778.

WOSKIE, S.R., HAMMOND, S.K., SMITH, T.J. et SCHENKER, M.B. (1989 juil.). Expositions actuelles des cheminots au dioxyde d'azote. (En anglais : Current nitrogen dioxide exposures among railroad workers). *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 50, p. 346-353.

WOSKIE, S.R., SMITH, T.J., HAMMOND, S.K., SCHENKER, M.B., GARSHICK, E. et SPEIZER, F.E. (1988). Estimation de l'exposition des cheminots aux gaz d'échappement des moteurs diesel. II. Expositions nationales et passées. (En anglais : Estimation of the diesel exhaust exposures of railroad workers. II. National and historical exposures). *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 13, p. 395-404.

WOSKIE, S.R., SMITH, T.J., HAMMOND, S.K., SCHENKER, M.B., GARSHICK, E. et SPEIZER, F.E. (1988). Estimation de l'exposition des cheminots aux gaz d'échappement des moteurs diesel. I. Niveaux actuels d'exposition. (En anglais : Estimation of the diesel exhaust exposures of railroad workers. I. Current exposures). *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 13, p. 381-394.

ANNEXE I : Données anthropométriques des employés du CN

Signification des codes, identification des colonnes du tableau

- Exp. : années d'expérience à ce poste
- Point. : pointure de chaussures
- 1 : stature, debout
- 2 : hauteur épaule, debout
- 3 : longueur dos- prise de la main
- 4 : longueur épaule- coude, coude fléchi
- 5 : longueur coude- prise de la main, coude fléchi
- 6 : longueur fessier- genoux, assis
- 7 : hauteur genou, assis
- 8 : stature, assis
- 9 : largeur épaules
- 10 : largeur hanches, assis
- 11 : type A, pour ectomorphe
type B, pour mésomorphe
type C, pour endomorphe

Signification des codes, colonne Emploi occupé

- ing. : mécanicien de locomotive
- s-f : serre-freins
- chef : chef de train

Signification des codes, colonne Origine ethnique

- cau. : caucasienne
- ital. : italienne
- portug. : portugaise

Note :

Certains sujets ont été éliminés parce que les données recueillies ne pouvaient pas vraisemblablement correspondre aux mesures demandées.

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Âge (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
ing.	indien	8	36	136	m	12	190	162,5	90	44	40	66	61,5	140,5	60	54,5	c
chef/s-f	cau.	1	29	79,5	m	11	188	157	74	42	38	63	61	133	52	43	b
chef	cau.	7,5	34	89	f	6,5-7	164,5	142,5	74	39	35	63	53	132,5	50	56	c
s-f	cau.	6	25	95,4	m	12	173	142	74	36	37	61	55	130	54	42	bc
ing.	cau.	20	42	93,1	m	10	178	150	76	36,5	37	63	55	138	50	46	b
ing.	cau.	20	50	118	m	8,5	174,5	149,5	73	38	36	59	58,5	141	55	53	c
ing.	cau.	3	35	109	f	10	177	150	77	36	37,5	67	58	140	54	56,5	c
chef	cau.	19	38	62,7	m	8,5	172	148	66	38	35	53	54,5	132	45	39	a
ing.	cau.	16	41	85	m	9,5	179,5	152	83	40,5	39	62,5	59	131,5	51	49	bc
ing.	cau.	20	39	80	m	9,5	184	153,5	83	39,5	38	57,5	57,5	142	59	47	b
chef	cau.	15	39	82	m	8	179	151	79	41	37	57	56	130	56	44,5	b
ing.	cau.	11	40	100	m	13	190,5	165	85	43,5	41	64,5	63,5	135	52	48	b
chef	cau.	20	47	104	m	10	178	150	81	35	40	53	56	133	60	41,5	bc
ing.	cau.	20	43	88	m	10,5	181	149	80,5	38	41	58	53	126	55	50	c
chef	cau.	32	49	94	m	10,5	180	149,5	81,5	41	44,5	62,5	57,5	131,5	51,5	51,5	c
s-f	cau.	20	44	72,5	m	9,5	174	141	79,5	39,5	40	56	54,5	131,5	52	45	ab
ing.	cau.	20	39	102	m	10,5	180	150	74,5	41	37	54	56	133	57,5	45	b
chef	cau.	20	37	75	m	10	175	145	78	42	38,5	55	55,5	135	54	45	b
s-f	cau.	22	40	111	m	11	182	153	85	42	48	59	57	142	59	43	bc
ing.	cau.	20	39	94,5	m	10	183	157	79,5	40,5	44,5	66	58	143	55	43,5	b
ing.	cau.	8	35	77,7	m	11	180	154,5	78	42	39	60	59,5	130,5	50	35	ab
ing.	cau.	20	43	82,8	m	8,5	170	145	80	34	40	56	51	140	44	42	ab
ing.	cau.	20	41	102	m	10	173	150	78	38	37	57	55	130	46	47	b
chef/s-f	cau.	6	29	74,7	m	9-9,5	176	144	83	36	41	60	55	140	51	36	a

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Âge (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
chef/ing.	cau.	6	37	48,15	f	8	158	131	67	34	33	56	48,5	116	38	34	a
chef	cau.	20	42	92,2	m	10	172	150	81	39	48	60,5	59	139	48,5	42	bc
s-f	cau.	15	38	74,7	m	9	171	144	76	40	34	60	54	141	43	39	ab
chef	cau.	20	54	114	m	10	177	151	80	36	40	64	55	130	54	44	bc
s-f	cau.	11	41	94,5	m	10	183	157,5	79	42	38	62	56	145,5	48	48	ab
ing.	cau.	16	48	76,95	m	9,5	178	142	79	40	38	58	53	122	46	39	ab
ing.	cau.	17	35	72,45	m	9	165	140	70	38	34	55	51	140	48	37,5	ab
ing.	cau.	24	50	83,7	m	8,5-9	178	150	75	43	36	60	53	143	44,5	43	b
ing.	cau.	21	43	67	m	8,5	171	145	77	39	38	57	53	130	46	36	ab
ing.	cau.	17	38	128	m	10,5	180,5	157,5	79,5	39	40	61	55,5	138	58	45	bc
ing.	cau.	29	47	86	m	8	172	144	74	36	35,5	60	51,5	132	49	39	bc
chef	cau.	20	39	76,5	m	9	171	145	73	36	36,5	58	52,5	126	48	37	ab
chef	cau.	22	44	89,5	m	11	171	146	71	34	35	58	52,5	135	47	39	bc
chef	cau.	39	58	83,5	m	9	168	141	77,5	38	38,5	60	55	123	50	40	bc
s-f	cau.	6	27	94,5	m	10	179	151	77,5	38	39	61	55	132	46	39	b
s-f	cau.	8	28	61	m	7	171	146	72,5	35	34	58	54	127	45	34	ab
chef	cau.	15	36	131	m	12	180	157	82	38	44	67	61	138	53	48	bc
ing.	cau.	5	33	149	m	13	180	157	74	44	42	61	62	142	52	44	bc
ing.	ital.	15	33	85	m	9,5	174	150	73	37	39	58	59	133	48	39	ab
ing.	cau.	14	41	88	m	10	185,5	158,5	72	39	40	65,5	59	145	48	38	a
ing.	cau.	22	47	90	m	9,5	179	156,5	74	38	40	59	59	138	48	37	ab
s-f/chef	cau.	17	41	79	m	10	174	148	73	37	39	60	56	130	46	33	a
ing.	cau.	21	48	66	m	12	185	161	85	40	43	64	58	135	43	33	a
ing.	cau.	28	49	97	m	11	175	154	75	38	43	59	58	130	47	37	ab

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Âge (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
chef	cau.	24	43	79	m	10	170	151	69	37	49	64	61	137	48	40	ab
ing.	cau.	30	50	104	m	9,5	173	148	77	37	38	57	59	134	42	41	bc
chef	cau.	10	36	83	m	11	178	151	67	37	37	67	58	135	44	34	a
chef	cau.	24	45	77	m	8	172	149	73	36,5	39	58	53	134	46,5	39	a
ing.	cau.	1	34	94	m	9	170	146	69	33	39,5	55	51	127	46	38	ab
s-f	cau.	23	47	82,5	m	8,5	165,5	141	64	36	40	54	53	130	47	38	a
chef	cau.	21	46	130	m	10	173	158	69	37	38	65	55	130	51	52	c
ing.	cau.	16	36	150	m	9,5	182	153,5	71	43	40	64	60	145	58	51	c
ing.	cau.	7,5	28	71	m	8,5	166	145	66	38	41	54	56	129	44	37	a
chef	cau.	24,5	46	96	m	9	175	152	74	37	38	61	57	138	50	38	ab
chef/s-f	cau.	17	39	95	m	10	178	152	71	43	41	58	60	134	50	39	b
chef	cau.	24	48	68,5	m	9,5	165,5	141	63	33	36	55	55	127	42	32	a
ing.	cau.	20	46	89	m	9,5	176	150	75	36	40	56	54	127	47	37	ab
ing.	cau.	4	32	82,3	m	10,5	179,5	155	73	38	39	61	58	144	45	37	a
ing.	cau.	6	39	101	m	8	176	145	69	36	40	57	58	127	47	37	b
chef	cau.	27	47	82,5	m	10	173	148	74	35	49	65	59	131	45	33	ab
ing.	cau.	5	39	88,2	m	9,5	172	144	69	37,5	41	58	58	126	41	35	ab
chef	cau.	30	49	81,5	m	9	170	147	66	37	36	59	58,5	141	41	35	ab
chef/s-f	cau.	16	42	125	m	11	181	156	70	38	43	62	60	138	53	42	bc
ing.	cau.	30	50	92,3	m	10	176	150	83	38	38	58	57	134	48	43	b
ing.	cau.	5	44	91	m	10	175	150	77	39	39	56	49	135	47	43	bc
ing.	cau.	21	39	91,5	m	12-13	175	150	69	39	39	58	59	138	49	41	ab
ing.	cau.	14	35	88	m	8	177	147	78	39	38	59	54	138	48	40	ab
s-f/ing.	cau.	7	28	93	m	10,5	182	154	80	40	43	67	58	135	52	38	b

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Age (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
chef	cau.	16	45	91,2	m	10	180	151	76	39	44	64	56	134	48	36	a
s-f	cau.	22	43	94	m	9	178	153	76	38	46	65	56	131	49	36	ab
ing.	cau.	16	40	95	m	10	189	158	74	41	44	64	59	136	52	45	ab
chef /s-f	cau.	20	38	97	m	11,5	195	167	81	41	48	66	62	138	50	45	a
ing.	cau.	9	41	84	m	9	173	149	77	37	46	60	54	130	48	42	b
ing.	cau.	6	36	102	m	9	176	147	74	36	38	64	56	134	52	44	bc
chef	cau.	22	43	102	m	10	183	159	77	40	43	66	57	137	50	47	bc
ing.	ital.	6	33	94	m	10	177	149	68	38	42	62	56	137	49	46	b
ing.	cau.	10	51	82	m	12	185	155	81	41	46	61	58	141	46	44	a
chef	cau.	12	37	104	m	9,5	181	150	78	39	46	63	55	137	54	48	bc
ing.	cau.	22	42	75	m	8	180	152	80	37	45,5	61	56	131,5	50	44,5	ab
chef	cau.	24	43	66	m	8	176	148	71	37	39	57	53	132	45	42	a
chef	cau.	18	38	71	m	7	172	145	67	34	46	58	51	130	49	42	c
chef	cau.	19	45	91	m	10	180	154	80	38	38	63,5	56	135	46	43	bc
chef	cau.	22	49	81	m	9	168	143	75	39	37	63	55	126	47	44	bc
chef	cau.	23	44	92	m	10	185	157	81,5	39	39	66	56	139	50	47	b
s-f	cau.	26	45	190	m	13	190	162	77	43	40	66	61	147	49	59	bc
coord./ing.	cau.	3	30	90,5	m	9,5	185,5	158	82	41	41	60	57	137	51	45	ab
s-f /chef	cau.	23	42	84	m	10	180	153	77	38	43	57	55	132	54	52	b
chef	cau.	20	44	89,5	m	10	182	154	68	39	39,5	64	56	142	52	51	ab
ing.	cau.	4,5	33	90	m	9,5	177	152	78	38	42	58	55	137	46	54	b
ing.	cau.	16	41	106	m	8	174	150	66	37	39	60	55	139	48	54	bc
ing.	cau.	2	35	77	m	8,5	178	151	75	41	39	63	57	133	54	52	a
ing.	cau.	11	40	59,5	m	9	176	151	77	41	39	61	55	131	45	46	a

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Âge (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
ing.	cau.	14	45	74,5	m	7,5	171	147	75	39	37,5	59	55	132	45	48	ab
chef	cau.	22	45	81,5	m	10	178	160	71	39	39	54	54	133	47	42	a
ing.	cau.	1	34	79	m	11	183	156	73	40	40	70	58	89	50	34	ab
ing.	cau.	16	41	72	m	8	176	148,5	67	36	39	55	54	94	48	35	a
ing.	cau.	11	40	73	m	8	174	146	72	36	38	55	52	93	49	36	ab
ing.	cau.	10	38	93	m	9-9,5	173	144	74	38	39	56	58	89	56	36	b
ing.	cau.	6	39	82,5	m	9	179	154,5	76	39	42	62	57	100	50	39	b
ing.	cau.	18	39	84,5	m	9	173	144,5	69	37	37	59	55	90	49	39	b
ing.	cau.	18	42	89	m	10,5	189,5	161,5	80	40	40	60	58	98	52	33	ab
chef	cau.	23	42	88,5	m	10	178	153	73	40	40	59	57	90	52	34	b
ing.	cau.	18	36	118,5	m	9	184	156,5	76	37	41	59	60	105	55	39	bc
ing.	cau.	20	39	85	m	9	176	150	75	38	37	62	56	93	51	40	b
ing.	cau.	16	56	69	m	11	186	159,5	80	40	40	56	59	88	46	38	a
chef	cau.	18	38	86	m	9	180	151	75	38	38	60	58	95	52	39	b
s-f	cau.	14	42	89	m	8,5-9	179	152,5	78	40	38	58	56	94	50	33	b
chef	cau.	25	46	95	m	10,5	182	155	80	40	41	61	56	80	53	32	ab
chef	cau.	5	34	79	m	8-9	170	146	72	37	39	58	54	89	49	49	ab
ing.	cau.	9	29	96	m	9	182	149	74	36	38	65	55	144	48	42	ab
chef	cau.	23	43	105	m	10-3E	170	145	73	36	40	57	56	133	51	45	bc
ing.	cau.	15	33	81,5	m	9	178	150	80	39	39	57	53	132	53	35	b
chef	ital.	29	45	92	m	10	173	148	83	33	37	63	51	134	52	39	b
ing.	cau.	4	33	79	m	10,5	180	147	80	39	42	58	60	137	44	35	ab
ing.	cau.	1,5	29	103	m	11,5	192	164	85	42	44	68	62	136	54	41	b
ing.	cau.	9	32	65	m	9	180	152	80	38	41	58	54	137	48	37	a

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Âge (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
ing.	cau.	29	49	96	m	8,5	174	150	81	39	40	59	56	129	43	47	c
ing.	cau.	10	41	73	m	8,5	166	142	71	34	34	56	50	128	45	38	ab
chef	cau.	21	44	94	m	12	182	154	81	40	40	62	60	145	50	39	bc
ing.	cau.	18	36	90	m	8,5	174	140	76	35	34	54	52	136	57	45	bc
ing.	cau.	0	36	95	m	12	193	165	76	42	41	66	62	143	51	46	ab
s-f	cau.	24	43	75	m	8,5	175	147	75	37	38	58	56	131	48	41	b
ing.	cau.	21	40	105	m	9,5	178	152	75	42	42	57	60	139	57	47	bc
ing.	cau.	21	40	87	m	10,5	183	151	76	38	38	59	58	139	52	42	b
ing.	cau.	23	41	96	m	10	178	150	75	39	37	59	57	134	50	50	bc
ing.	cau.	23	42	96	m	11	184	159	78	40	37	61	58	134	52	45,5	b
s-f	cau.	18	40	115	m	11	185	154	79	41	42	62	61	145	60	49	bc
ing.	cau.	20,5	44	76,95	m	9,5	173	146	79	41	35	59	52	129	45	36	ab
entretien	ital.	0,02	39	99	m	9	170	142	75	38	47	56	49	130	51	41	b
ing.	cau.	20,5	39	64,35	f	9,5	173	145	75	38	36	59	52	139	47	36	a
chef /ing.	cau.	20	40	94,5	m	10,5-11	180	152	80	39	37	67	65	134	48	47	ab
s-f	cau.	23	47	99	m	14	182	156	80	41	38	64	57	140	52	42	bc
s-f	cau.	7	30	96,3	f	8	160	123	68	35	34	54	48	120	48	48	bc
ing.	cau.	21	40	112	m	10,5	180	152	82	41	44	69	55	141	48	46	b
ing.	cau.	9	30	90	m	11	176	152	75	38	38	62	56	136	52	38	ab
ing.	cau.	20	45	63,45	m	8,5	168	146	74	38	35	59	55	132	46	37	ab
ing.	cau.	8	29	96,3	m	10	178	152	75	39	36	61	55	140	52	38	ab
s-f	cau.	8	31	78,75	m	9	175	150	77	39	36	59	56	140	51	36	ab
s-f	cau.	18	39	73	m	10	178	150	85	41	39	63	57	131	51	39	ab
chef	cau.	11	46	92	m	9,5	180	152	77	37	42	64	56	143	47	44	b

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Âge (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
s-f	cau.	10	34	123	m	11	180	153	79	37	40	57	54	143	49	48	c
chef	cau.	23	52	84,15	m	9	171	145	78	38	35	60	54	135	51	38	bc
chef	cau.	28	57	103	m	10	170	142	67	35	38	59	53	139	50	48	c
ing.	cau.	20	51	74	m	8	171	134	73	36	39	58	55	136	44	40	ab
s-f	cau.	9	28	70,9	f	10	166	145	81	37	40	58	52	130	44	42	a
chef	cau.	21	45	128	m	10	176	151	73	37	40	58	57	140	52	47	c
ing.	cau.	6	38	85,5	m	9,5	176	152	72	39	39,5	58	55	136	53	51	ab
chef	cau.	30	48	87,5	m	10	182	155	76	40	35	60	58	145	52	47	a
chef	cau.	3,5	28	93	m	9,5	179	155	69	37	38	64	56	145	49	46	b
chef	cau.	20	43	87	m	10	179	157	83	39	41	64	59	134	46	55	ab
ing.	cau.	10	35	108	m	10	185	160	77	41	38	59	58	147	54	54	ab
ing.	cau.	6	33	87	f	10,5	178	147	62	38	38	60	57	142	40	47	a
chef	cau.	15,5	39	98,5	m	12	188	160	80	41	39	67	59	146	48	48	bc
chef	cau.	17,5	37	92	m	9	175	143	75	38	36	61	53	137	46	46	ab
chef	cau.	10,5	29	65	m	10	178	146	72	36	35	59	57	133	39	40	a
chef	cau.	7,5	30	92,5	m	10	178	151	80	40	37	64	56	140	47	46	bc
chef	cau.	16	35	78	m	8,5	173	145	73	38	45	59	53	136	52	42	b
ing.	cau.	7	35	114	m	8,5	183	156	73	42	49	63	57	138	57	47	c
ing.	portug.	18	43	90	m	9	181	150	75	39	46	63	54	134	48	44	bc
ing.	cau.	1,5	32	73	m	10	171	144	69	37	36	55	52	128	48	33	ab
s-f	cau.	8	25	94,5	m	9	176	148	72	40	40	60	56	131	59	39	b
chef	cau.	11	43	66,5	m	8	173	145,5	68	37	38	58	53	129	48	30	a
s-f	cau.	10	34	85,5	m	11	190,5	162	74	40	42	61	61	142	52	34	a
ing.	cau.	16	37	63	m	10,5	182	154,5	71	40	38	57	56	137	47	30	a

Emploi occupé	Origine ethnique	Exp. (an)	Âge (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
ing.	cau.	11	40	91	m	7,5	171	146	80	35	42	61	54	126	50	37	bc
ing.	cau.	21	39	76	m	9	173	147	70	38	37	58	58	120	44	38	bc
chef	cau.	19	39	72	m	9,5	178	150	76	38	38	60	57	130	51	37	ab
ing.	cau.	25	57	97	m	8,5	172	147	78	39	40	62	52	129	50	38	b
ing.	cau.	20	42	94	f	10,5	177	150	75	39	36	58	58	140	50	44	ab
ing./chef	cau.	5	54	84,5	m	9,5	172	147	73	41	40	65	55	128	48	35	b
chef	cau.	20	43	80	m	10	171	145	77	38	34	61	55	130	46	38	ab
s-f/ing.	cau.	3	27	63	f	8,5	172	143	69	39	36	61	53	135	45	36	a
s-f/ing.	cau.	7	42	101	m	10,5	189	163	81	42	43	70	60	137	50	39	b
s-f	cau.	10	42	116	m	9	177	151	83	40	41	60	59	138	48	50	bc
chef	cau.	14	34	77	m	10	177	151	76	38	40	59	59	138	46	41	ab
chef	cau.	22	46	90	m	10,5	176	151	77	38	42	55	60	135	47	40	bc
ing.	cau.	22	41	83,5	m	8	177	150	78	40	41	63	56	132	48	37	ab
chef	cau.	23	41	76	m	8,5	172	146	74	36	36	58	54	136	44	36	ab
ing.	cau.	19	39	85	m	9	175	152	78	41	41	63	55	130	49	39	ab
chef	cau.	26	45	85	m	9,5	171	143	77	37	42	64	55,5	127	50	40	ab
chef	cau.	22,5	40	90	m	8	166	142	74	35	44	57	52	133	51	39	c
ing.	cau.	19	40	89	m	8,5	165	141	77	39	42	57	54	130	44	38	c
ing.	cau.	21	40	79,5	m	10	175	148	74	39	36	60	57	135	50	38	ab
ing.	cau.	21	40	93	m	11	185	156	79	40	45	63	60	139	48	39	ab
chef	cau.	19	40	93	m	10	175	151	78	40	43	59	56	138	50	43	bc
chef	cau.	29	47	97	m	9	172	148	83	37	42	57	58	136	54	44	c
ing.	cau.	22	46	107	m	10	182	155	82	43	40	62	60	147	55	46	b
chef	cau.	21	41	91	m	10,5	186	148	82	43	40	66	59	136	52	43	b

Emploi occupé	Origine ethniqu	Exp. (an)	Age (an)	Poids (kg)	Sexe	Point.	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	8 (cm)	9 (cm)	10 (cm)	11
s-f	cau.	24	52	104,5	m	11	174	152	78	42	41	67	60	134	54	53	c
chef	cau.	20	38	112	m	10,5	179	158	81	41	45	64	59	134	50	46	bc
ing.	cau.	20	42	82,5	m	11	177	147	75	38	47	58	59	137	47	40	ab
ing.	cau.	8	26	69	m	8	174	146	72	37	36	57	55	131	44	36	ab
s-f	cau.	7	38	72	m	9	180	151	78	39	39	61	58	144	49	37,5	a
ing.	cau.	11	33	72	m	8	167	139	72	34	37	59	50	126	45	37	bc
s-f	cau.	4	27	74	m	8,5	173	148	78	39	40	61	52	133	44	40	ab
ing.	cau.	4	35	70	m	8	165	141	71	36	33	55	49	133	42	41	ab

ANNEXE II : Tableau synthèse: observations, boîte noire et profil de voie

Renseignements généraux

Lieu de départ : Gare Bungalow Y, point milliaire 112,9

Région : Mountain

Subdivision : 684 Yale

Date : 19 août 1994

Numéro de locomotive : 5440

Signification des codes

Identification des colonnes du tableau

- Obs. : observations codées
- Dist. : distance
- Élev. : élévation
- Vit. lim. : vitesse limite
- Pass. : passage à niveau
- Sign. : signaux lumineux
- Vit. : vitesse réelle
- Con. : pression dans conduite générale
- Cyl. : pression dans cylindres de frein
- Purge : commande une purge des cylindres de frein
- Urg. : application frein d'urgence par le mécanicien de locomotive
- Acc. : position de l'accélérateur
- FR : mise en service du frein rhéostatique
- Dir : direction de la locomotive
- Clo. : activation de la cloche
- Siff. : activation du sifflet
- DSV : activation commande désarmement système vigilance
- Patin. : patinage des roues
- Rhéo. : charge moteurs traction

Observations (colonne identifiée Obs.)

- a : regard sur affiche
- e : regard à l'extérieur
- l : regard sur signaux lumineux
- 1 : regard sur indicateur de vitesse
- 6 : regard sur compteur de pieds parcourus

Direction courbes (colonne identifiée Courbe, dir)

D : droite

G : gauche

Passage à niveau (colonne identifiée Pass.)

- P : public
- R : privé
- F : ferme

Signaux lumineux (colonne identifiée Sign.)

- S : signal lumineux

Position de l'accélérateur (colonne identifiée Acc.)

- i : ralenti
- s : arrêt

Direction (colonne identifiée Dir.)

- C : nez court en avant
- L : nez long en avant

Heure (fromiss)	Obs	Dist. (mille)	Courbe		Élév. (pied)	Vil. lirn. (m/h)		Pass.	Sim.	Vi. (m/h)	Con. (ps)	Om. (ps)	Pume	Uro.	Acc.	FR	Dir.	Ob.	Siff.	DSV	Pain.	Pnéo.
			(deg)	(m/n)		marc.	pass.															
20:28:01	-	1,0	0	0	13,0	50	50	-	-	0	86	10	0	0	1	1	C	0	0	0	0	0
20:28:02		1,0										6										
20:28:02		1,0																1				
20:28:03		1,0										3										
20:28:03		1,0													1							
20:28:07		1,0									0											
20:28:08		1,0								1												
20:28:08		1,0																0				
20:28:08		1,0													1							
20:28:10		1,0										6										
20:28:11		1,0										9										
20:28:12		1,0								0												
20:28:12		1,0										23										
20:28:13		1,0										27										
20:28:42		1,0										28										
20:28:44	l																					
20:28:52	e																					
20:29:20		1,0										12										
20:29:20		1,0													1							

Heure (mm:ss)	Obs.	Dist. (mille)	Courbe (deg) (min) dr	Élev. (pied)	Vit. lim. (m/h) marc. pass.	Pass	Sion	Vit. (m/h)	Con. (psi)	Ov. (psi)	Pumpe Urn.	Acc.	FR	Dir.	Ch.	Siff.	DSV	Patin.	Pfché.
20:29:21		1,0								7									
20:29:21		1,0													1				
20:29:22		1,0								4									
20:29:25		1,0						1											
20:29:26		1,0								0									
20:29:29		1,0						0											
20:29:31		1,0													0				
20:29:41		1,0										2							
20:29:45		1,0						1											
20:29:48		1,0										1							
20:30:08		1,0														1			
20:30:09		1,0															0		
20:30:25		1,0										2							
20:30:34		1,0						2											
20:30:42		1,0						3											
20:30:51		1,0						4											
20:30:59		1,0										3							
20:31:01		1,0						5											
20:31:02		1,0										2							

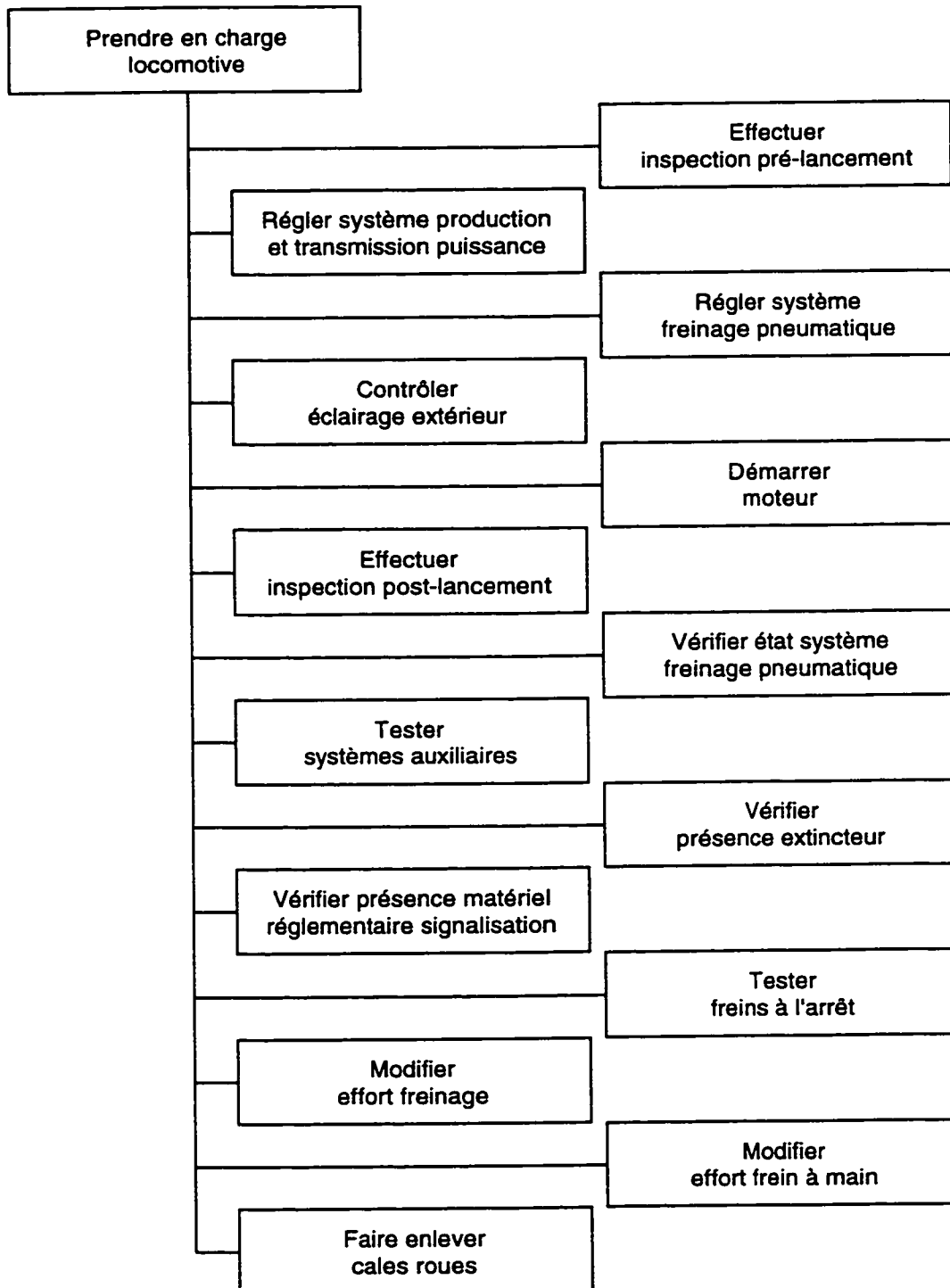
Heure (fromms)	Obs	Dist. (mille)	Courbe (deg)	Course (min)	Élev. (piec)	Vit. fin. (m/h)	Pass.	Skn.	Vit. (m/h)	Con. (ps)	Om. (ps)	Pume	Um.	Acc.	FR	Dir.	Ch.	Skf.	DSV	Pain.	Rhéo.
		3,1			17,8																
20:39:12	a																				
20:39:14		3,2				35															
		3,2						S													
20:39:23		3,3				36															
20:39:31		3,4				36															
20:39:33		3,4																1			
20:39:34		3,4																0			
20:39:41	l																				
20:39:41		3,5				37															
20:39:43		3,5																1			
20:39:45		3,5																0			
20:39:46		3,5															0				
		3,6																			
20:39:51		3,6						P													
		3,7			13,1																
20:40:00		3,7															1				
20:40:00		3,7																1			
20:40:01		3,7																0			

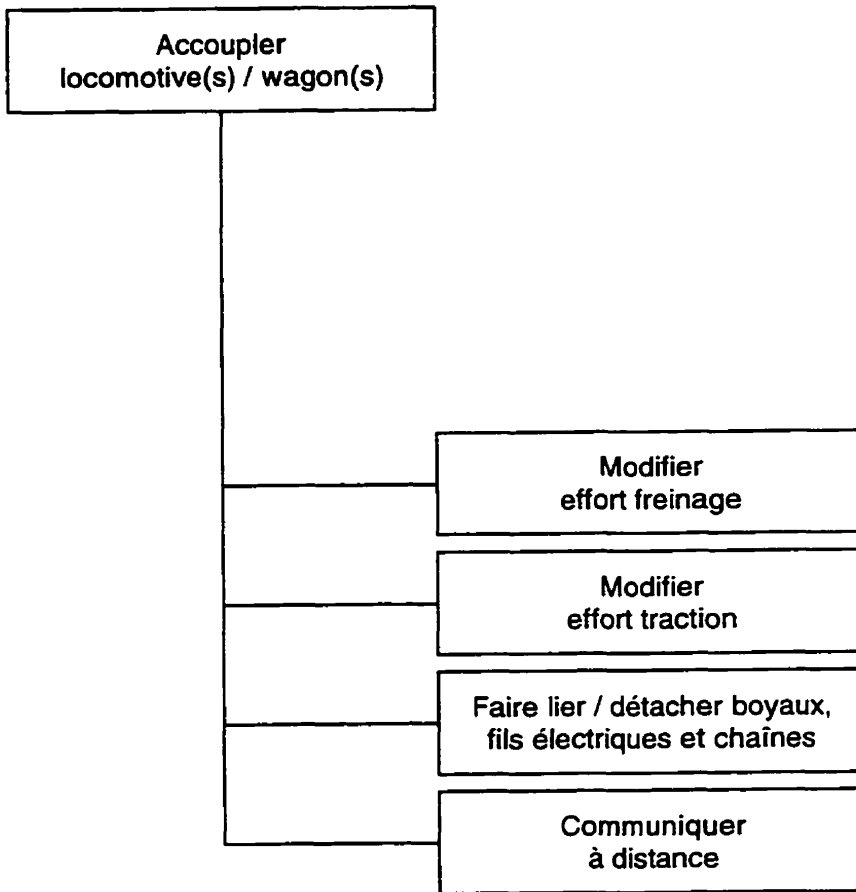
Heure (hh:mm:ss)	Obs.	Dist. (mille)	Course (deg) (min) dr	Élev. (pied)	Vit. lim. (mwh) marc. pass.	Pass.	Sion.	Vit. (mwh)	Con. (ps)	Cv. (ps)	Pures	Urn.	Acc.	FR	Dir.	Ch.	Siff.	DSV	Patin.	Rtho.
20:40:02		3,7						39												
		3,8		13,1																
20:40:15		3,9						40												
20:40:16	e																			
20:40:16		3,9															1			
20:40:17		3,9															0			
20:40:25	1																			
20:40:28		4,0															1			
20:40:29		4,0															0			
20:40:30		4,0						41												
20:40:31		4,0															1			
20:40:32		4,0															0			
		4,1																		
20:40:46		4,2															1			
20:40:47		4,2															0			
20:40:52	a																			
		4,26		19,2																
20:40:57		4,3															1			
20:40:58		4,3															0			

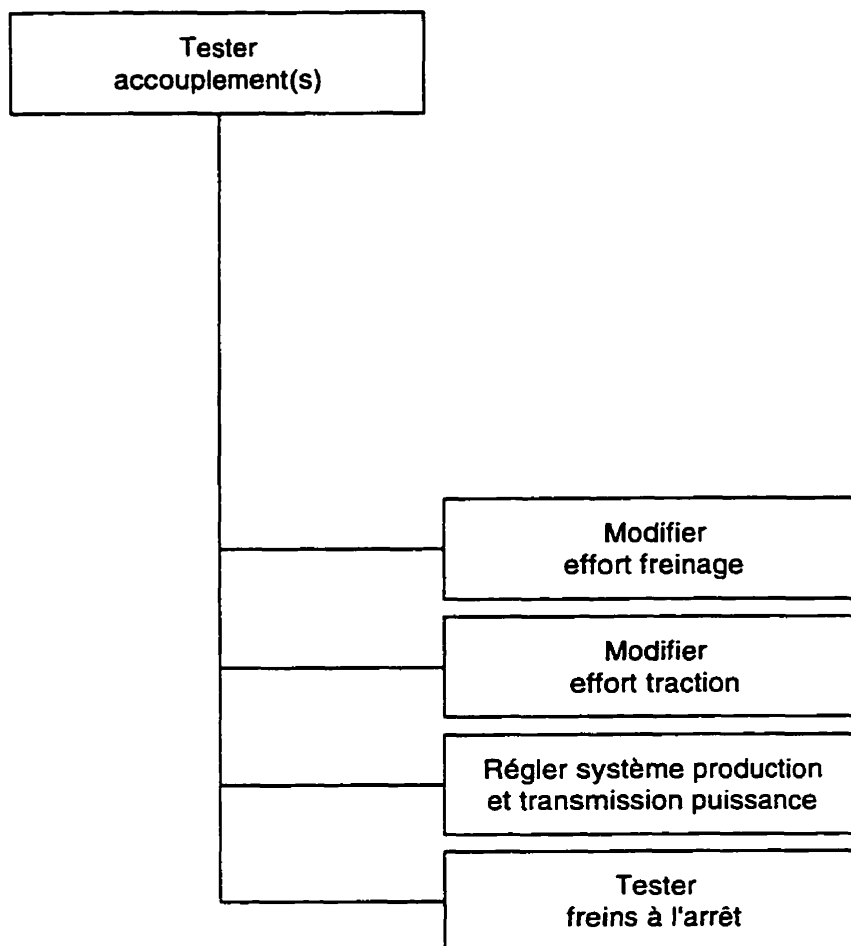
Heure (français)	Obs	Dist. (mille)	Courbe (deg)	dir	Élév. (pied)	Vit. lin. (m/h) marc. pass.	Pass	Stm.	Vit. (m/h)	Con. (ps)	Om. (ps)	Ura	Acc.	FR	Dir.	Ch.	Siff.	DSV	Patn.	Phéo.
20:44:27		6,8							47											
20:44:27		6,8															0			
20:44:30		6,9															1			
20:44:31		6,9															0			
20:44:32		6,9														0				
20:44:41	1																			
		7,0						P												
		7,1			24,7															
20:44:45		7,1											6							
20:44:52		7,2							48											
20:44:53	6																			
20:45:09		7,4														1				
		7,4			17,5															
20:45:15	e																			
20:45:16		7,5															1			
20:45:17		7,5															0			
		7,5						S												
20:45:23		7,6															1			
20:45:24		7,6															0			

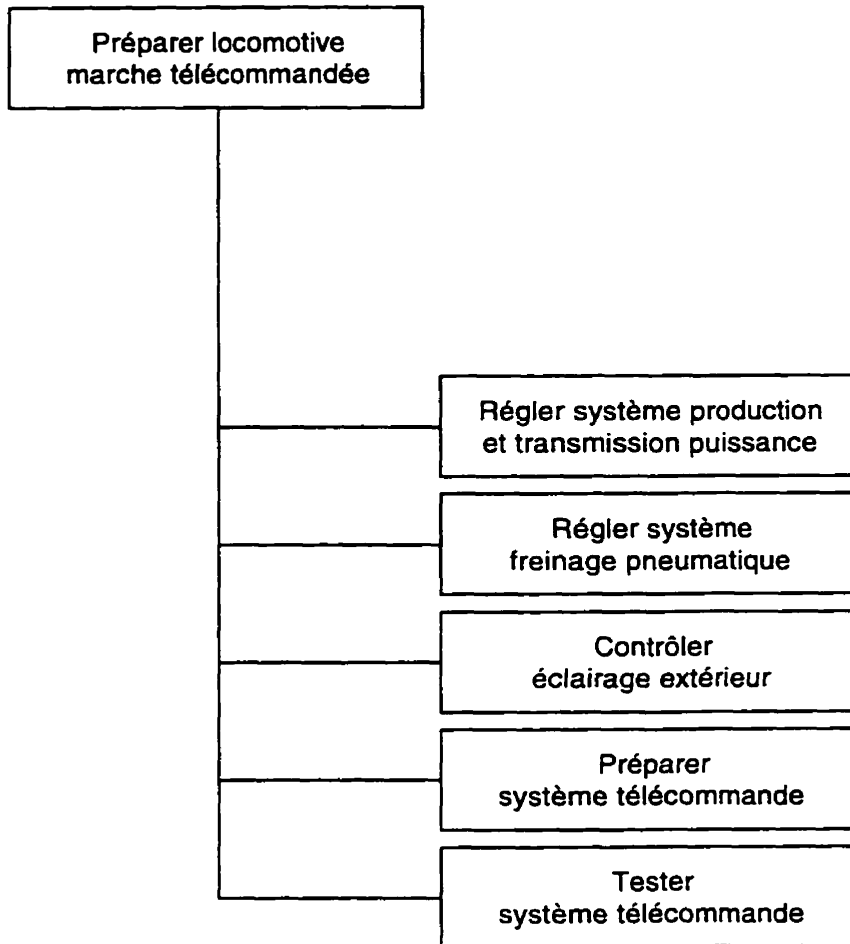
Heure (hhmmss)	Obs.	Dist. (mille)	Courbe (deg)	Courbe (min)	dr	Élev. (pied)	Vit. lim. (m/h) marc. pass.	Pass. Skon.	Vit. (m/h)	Con. (ps)	Om. (ps)	P.ura	Ura	Acc.	FR	Dir.	Ch.	Siff.	DSV	Patin.	Rhéo.
20:45:32	a																				
20:45:33		7,7																1			
20:45:34		7,7																0			
		7,8				17,5															
		7,8						P													
20:45:35		7,8															0				
20:45:40	1																				
20:45:44		7,9												7							
		8,1				19,6															
20:46:06	6																				
20:46:18	e																				
20:46:34	a																				
20:46:35		8,5															1				
20:46:35		8,5																1			
20:46:36		8,6												8							
20:46:36		8,6																0			
20:46:45		8,7							47												
20:46:47		8,7																			
20:46:48		8,7																0			

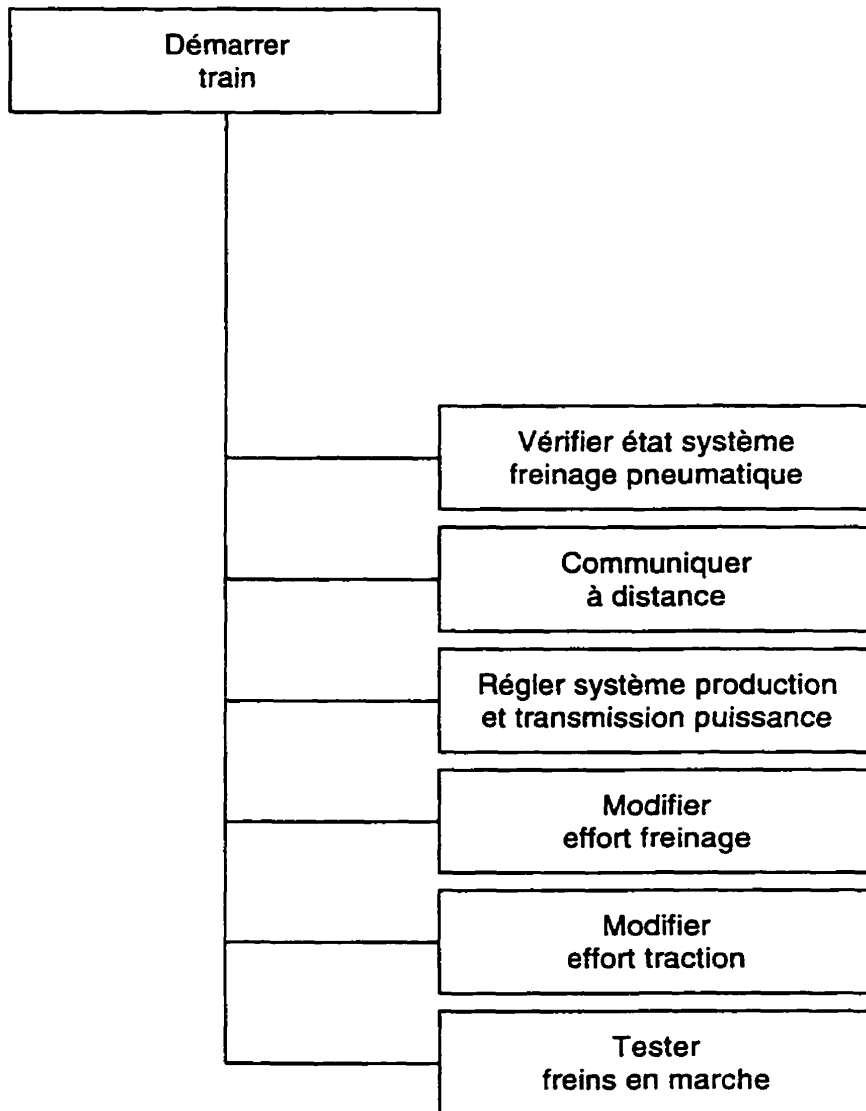
ANNEXE III : Détail des fonctions de premier niveau

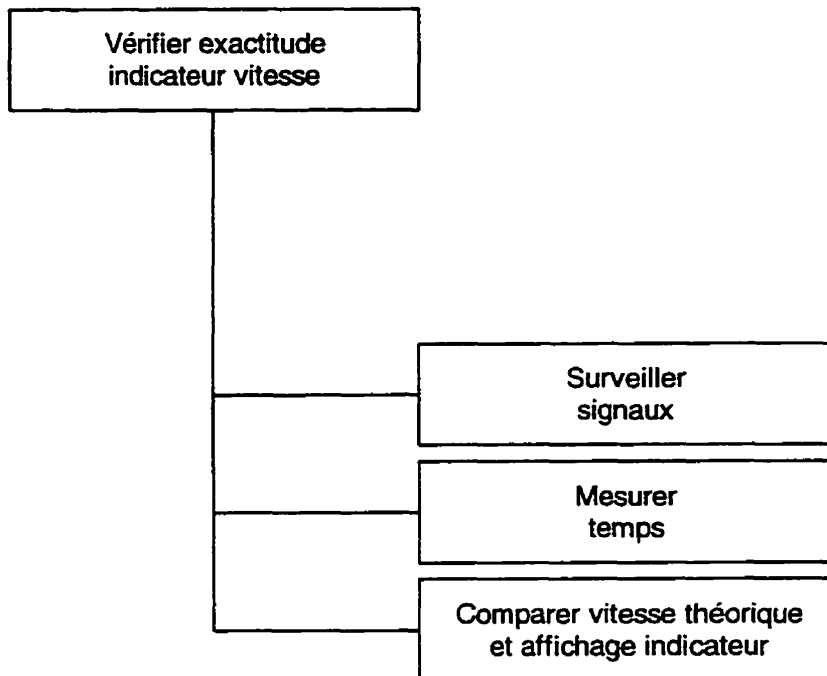


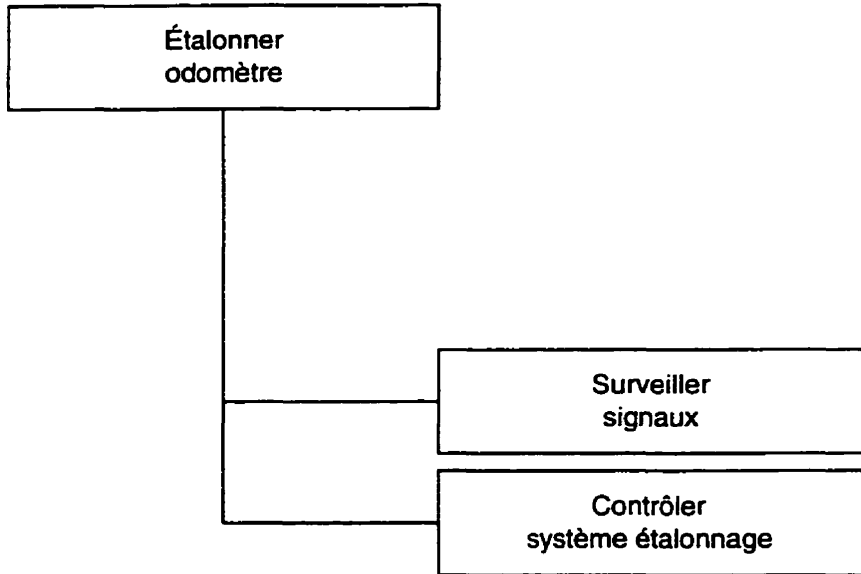


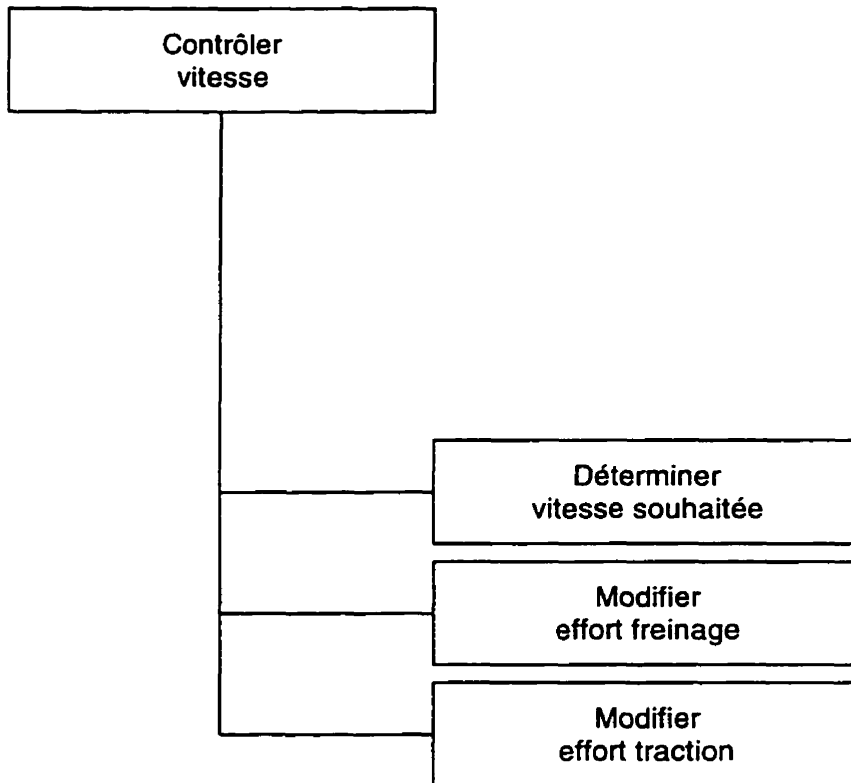


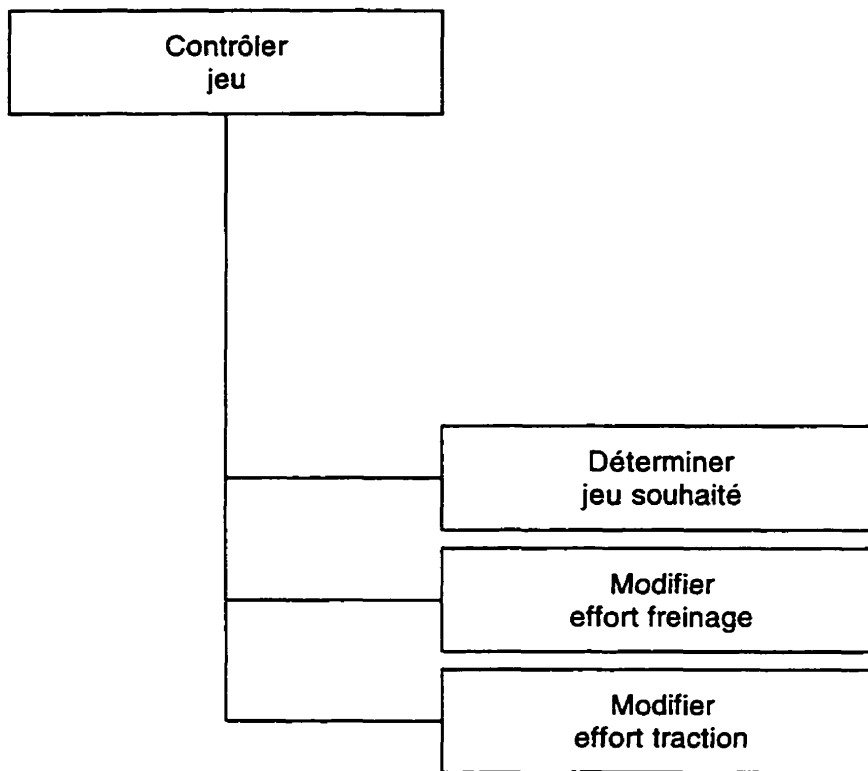


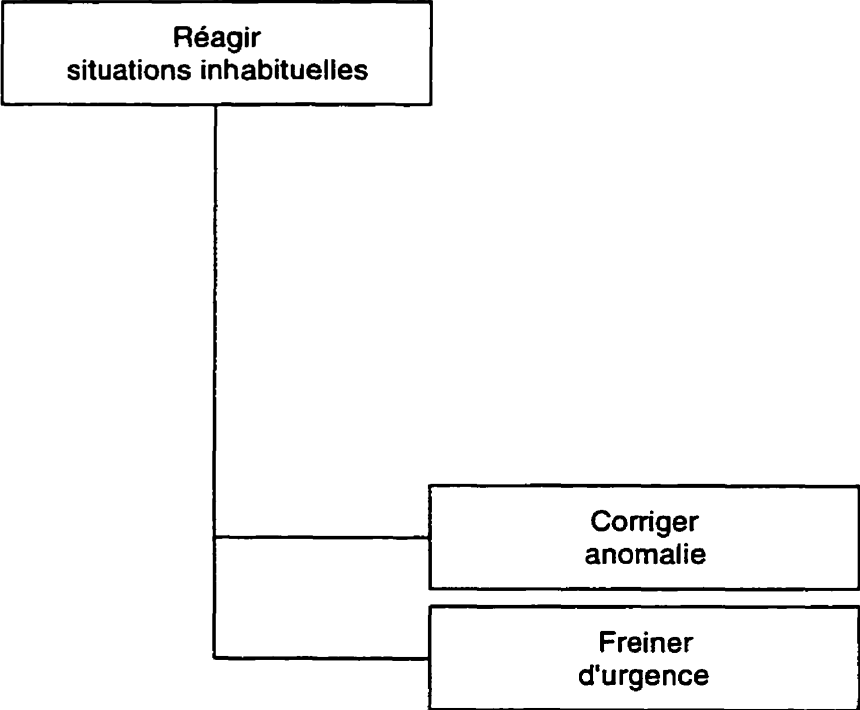


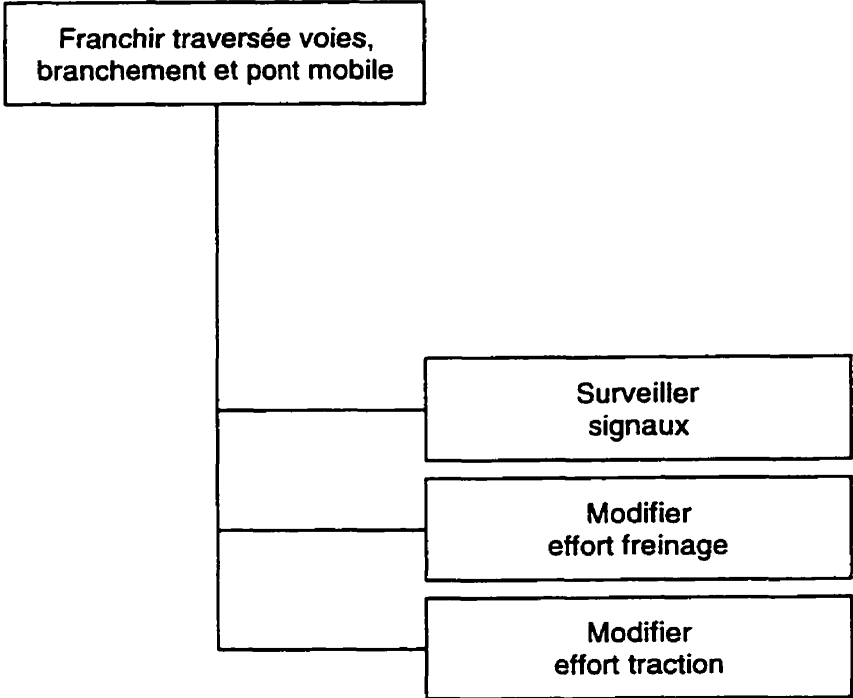


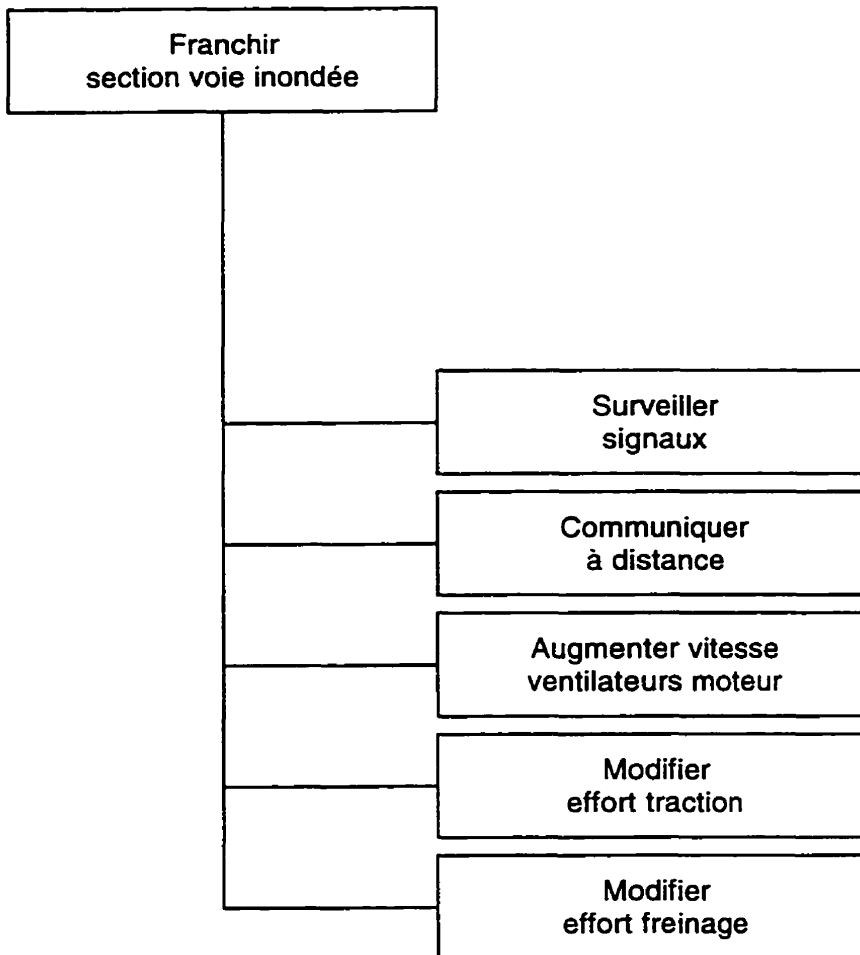


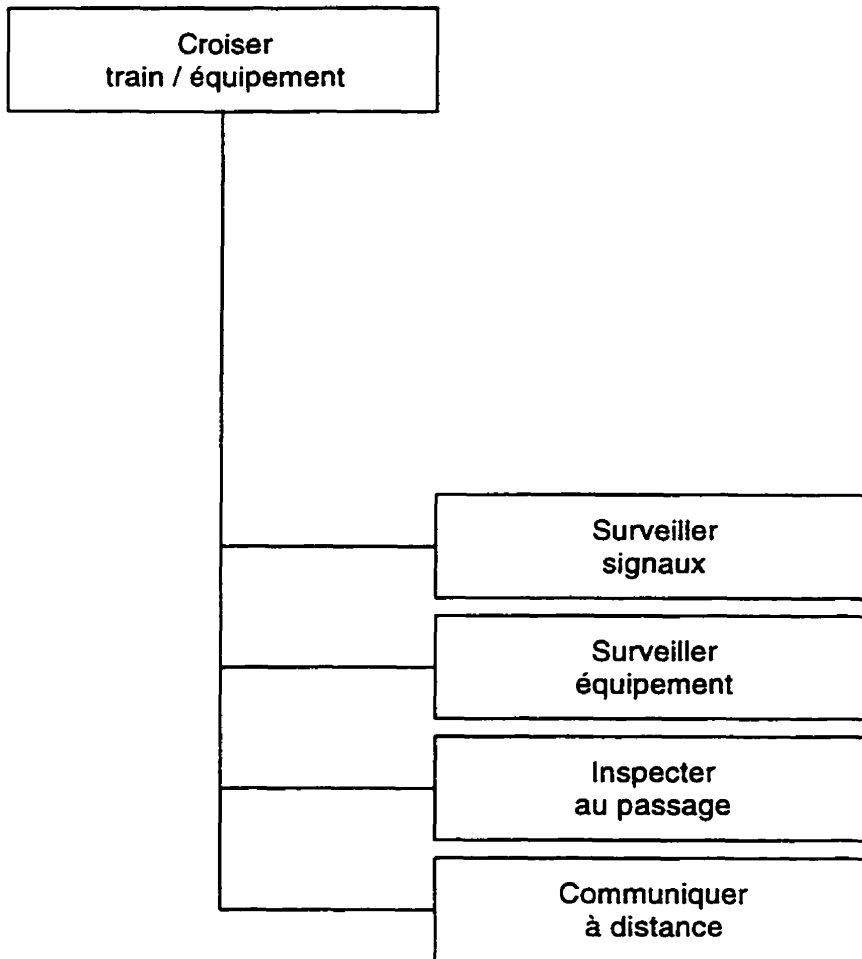


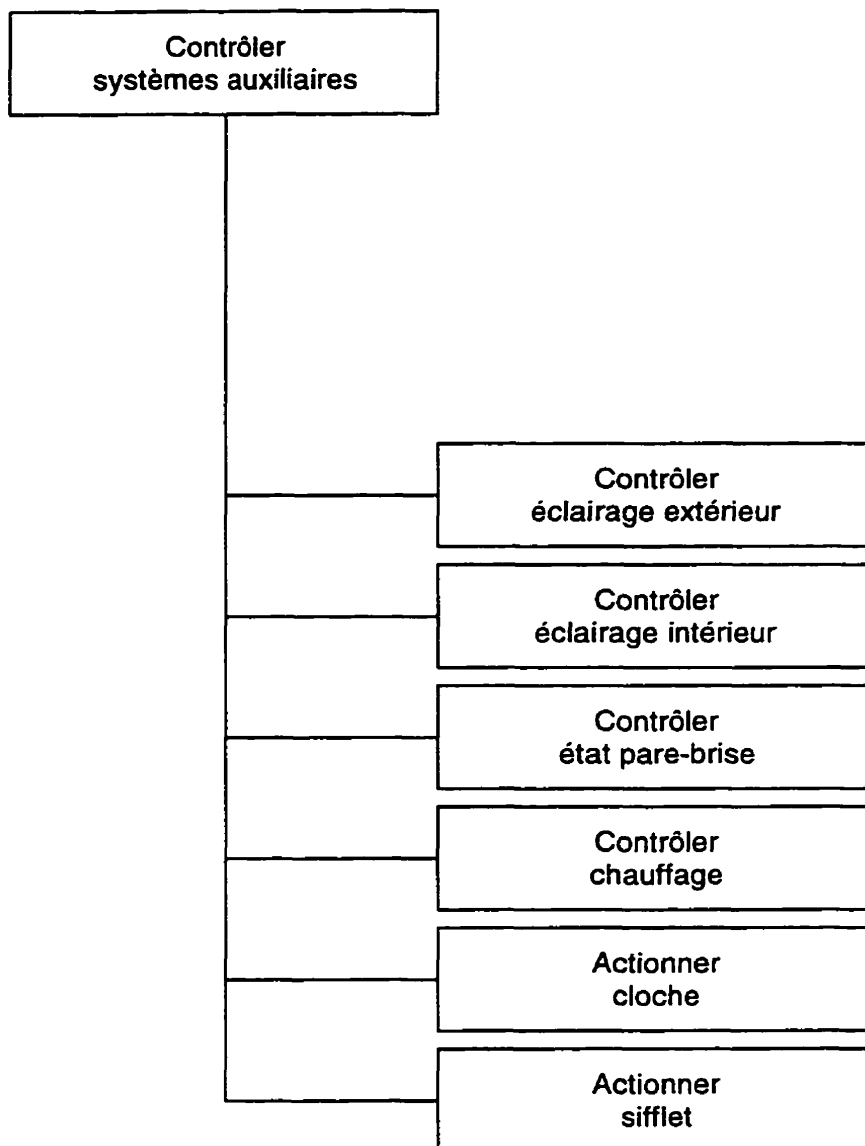


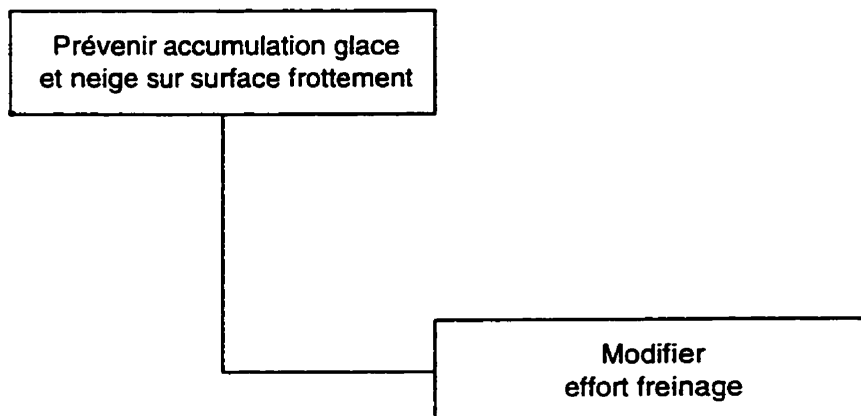


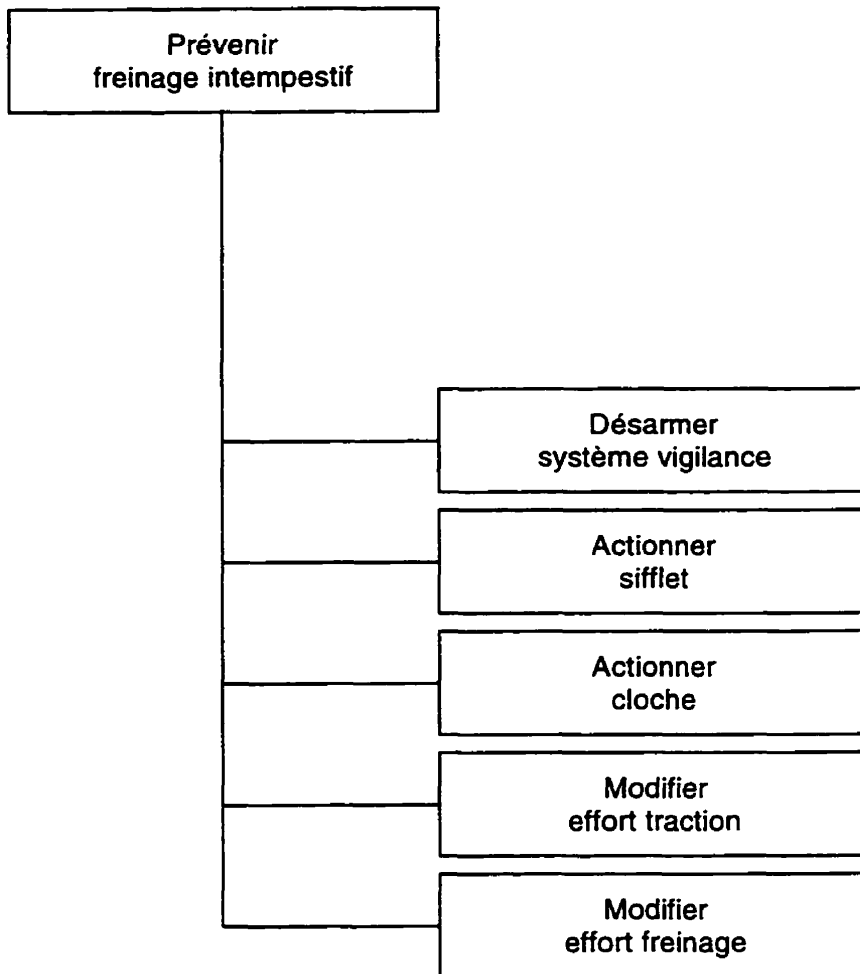


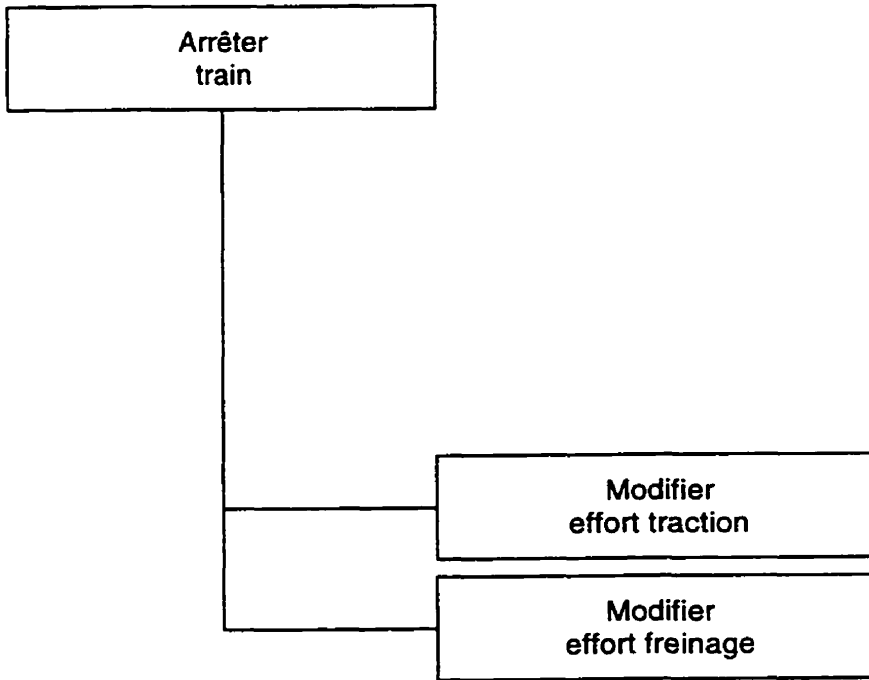


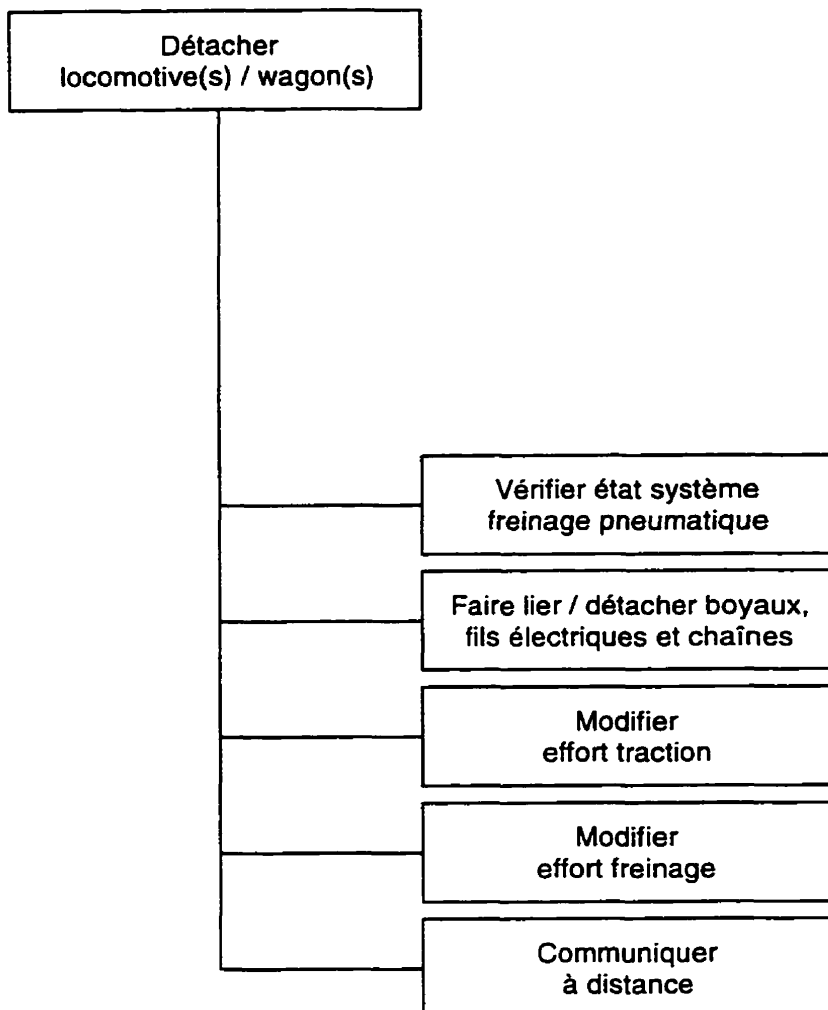


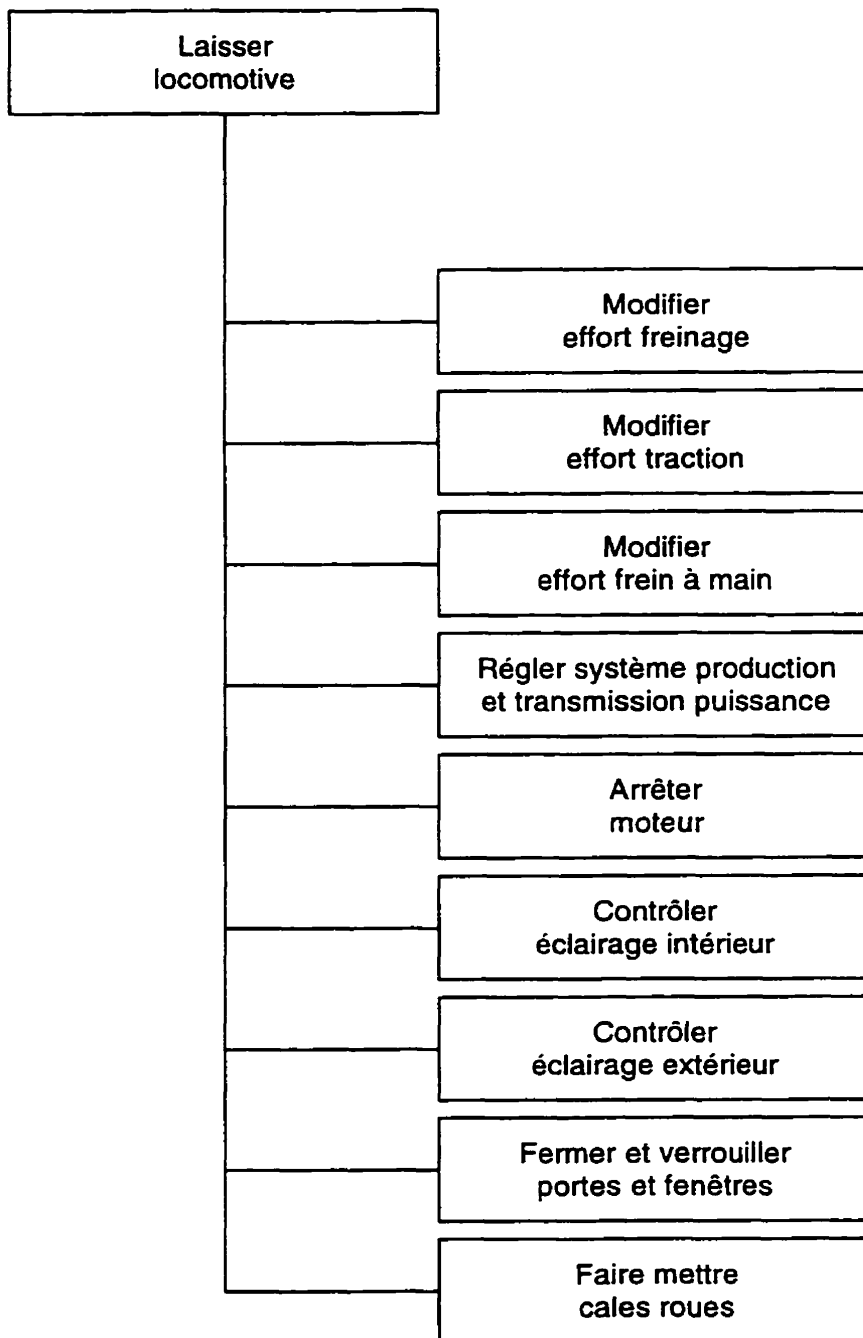












ANNEXE IV : Besoins en terme d'informations, d'actions et de rétroactions

Régler système production et transmission puissance

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		contrôler isolement moteur diesel	commande isolement		
		contrôler lien accélérateur - régime moteur	commande marche du moteur		
		contrôler excitation génératrice principale	commande excitation génératrice principale		
		contrôler pompe carburant et commande à partir pupitre	commande pompe carburant et commande		
		régler régime moteur	accélérateur		
		interdire mouvement unité	commande sens de marche		

Régler système freinage pneumatique

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		réglér mode fonctionnement frein automatique	commande isolement conduite générale		
		réglér système freinage automatique	commande frein automatique		
		isoler ou mettre en service frein indépendant	commande unités multiples		
		réglér système freinage indépendant	commande frein indépendant		

Démarrer moteur

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		isoler ou mettre en service frein rhéostatique	commande frein rhéostatique en fonction		
		établir courant circuits commande	commande courant circuits commande		
		établir courant circuits auxiliaires	commande courant circuits auxiliaires		
		amorcer circuit d'alimentation	commande démarrage	circuit alimentation chargé	carburant dans bulle de verre
		lancer moteur diesel	commande démarrage	moteur en marche	bruit et vibration

Vérifier état système freinage pneumatique

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
pression	indicateur	ajuster pression	commande	pression	indicateur
réservoir	pression	réservoir	régulateur	réservoir	pression
égalisation	réservoir égalisation	égalisation	pression	égalisation	réservoir égalisation
		vérifier pression réservoir principal	indicateur pression réservoir principal		
		vérifier pression cylindres frein	indicateur pression cylindres frein		
		vérifier pression conduite générale	indicateur pression conduite générale		
		vérifier débit conduite générale	indicateur débit conduite générale		
		vérifier pression conduite dernier wagon	indicateur pression dernier wagon (TIBS)		

Tester systèmes auxiliaires

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		tester phare avant	commande phare avant	état phare	vision
					voir tableau «Communiquer à distance»
		tester phare marche arrière	commande phare arrière	état phare	vision
					voir tableau «Communiquer à distance»
		tester feux classement	commande feux classement	état phare	vision
					voir tableau «Communiquer à distance»
		tester cloche	commande cloche	état cloche	son cloche
		tester sifflet	commande sifflet	état sifflet	son sifflet
		tester système sablage	commande sablage	état système sablage	vision
					voir tableau «Communiquer à distance»

					indicateur sablage manuel
		tester radio	commandes radio	état radio	son

Tester freins à l'arrêt

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		vérifier pressions d'air système freinage	voir tableau «Vérifier état système freinage pneumatique»		
		desserrer frein à main	commande frein à main		
		modifier effort frein indépendant	commande frein indépendant	pression cylindres frein	indicateur pression cylindres frein
				état semelles frein	signaux manuels
		modifier effort frein automatique (15 lb / po ²)	commande frein automatique	pression réservoir égalisation	indicateur pression réservoir égalisation
				pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				débit	débitmètre
				état semelles frein	signaux manuels

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		modifier effort frein automatique (serrage à fond)	commande frein automatique	pression cylindres frein	indicateur pression cylindres frein
				pression conduite dernier wagon	indicateur pression dernier wagon
				état semelles frein	signaux manuels
		vérifier fonctionnement système de vigilance	aucune commande	pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				état semelles frein	signaux manuels
		vérifier fonctionnement système freinage urgence	commande frein automatique	pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				débit	débitmètre
				état semelles frein	signaux manuels

Tester freins en marche

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		modifier effort frein indépendant	commande frein indépendant	pression cylindres frein	indicateur pression cylindres frein
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre
		modifier effort frein automatique	commande frein automatique	pression réservoir égalisation	indicateur pression réservoir égalisation
				pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre

Modifier effort freinage

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
vitesse	indicateur vitesse	appliquer ou relâcher frein automatique	commande frein automatique	pression réservoir égalisation	indicateur pression réservoir égalisation
vitesse souhaitée	voir tableau «Déterminer vitesse souhaitée»			pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre
vitesse	indicateur vitesse	appliquer ou relâcher frein indépendant	commande frein indépendant	pression cylindres frein	indicateur pression cylindres frein
vitesse souhaitée	voir tableau «Déterminer vitesse souhaitée»			vitesse	indicateur vitesse
jeu				accélération	accéléromètre
jeu souhaité	voir tableau «Déterminer jeu souhaité»				
pression cylindres frein	indicateur pression cylindres frein	affranchir frein locomotive	commande frein indépendant	pression cylindres frein	indicateur pression cylindres frein

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
					bruit échappement
vitesse	indicateur vitesse	appliquer ou relâcher frein rhéostatique	accélérateur	courant moteurs traction	indicateur courant moteurs traction
vitesse souhaitée	voir tableau «Déterminer vitesse souhaitée»			vitesse	indicateur vitesse
jeu				accélération	accéléromètre
jeu souhaité	voir tableau «Déterminer jeu souhaité»				
		faire fondre neige et glace sur roues et semelles	commande échauffement roues hiver	pression réservoir égalisation	indicateur pression réservoir égalisation
				pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
			commande frein automatique	pression réservoir égalisation	indicateur pression réservoir égalisation
				pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre

Modifier effort frein à main

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		serrer ou desserrer frein à main	commande frein à main		

Modifier effort traction

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
vitesse	indicateur vitesse	modifier régime moteur	accélérateur	courant moteurs traction	indicateur courant moteurs traction
vitesse souhaitée	voir tableau «Déterminer vitesse souhaitée»			vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre

Faire lier / détacher boyaux, fils électriques et chaînes

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		expulser air conduite générale	commande frein automatique	pression conduite générale	indicateur pression conduite générale
				débit	débitmètre
		connaître état boyaux, fils et chaînes	voir tableau «Communiquer à distance»		

Préparer système télécommande

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		désigner loco- commande(s) en service	commande sélection loco- commande		
		choisir mode télécommandé	commande sélection mode commande	mode télécommandé sélectionné	indicateur mode télécommandé
				feux extérieurs stroboscopiques	vision
		transférer commandes loco- commande(s)	commande transfert commandes		

Communiquer à distance

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		recevoir/envoyer messages radio	radio		
		surveiller signaux manuels	vision		
		lire règlements, bulletins, etc.	documents		

Contrôler système étalonnage

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		donner signal début et fin	commande étalonnage	étalonnage réussi	indicateur pieds (TIBS)
					signal sonore

Déterminer jeu souhaité

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		considérer caractéristiques groupe moteur	documents		
			affichage sur unité		
		considérer règlements	documents		
		considérer pente/courbe	documents		
			vision		
		considérer distribution masse	documents		
		considérer vitesse	indicateur vitesse		
		considérer courant moteurs traction	indicateur courant moteurs traction		
		considérer régime moteur	indicateur courant moteurs traction		

Déterminer vitesse souhaitée

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		considérer caractéristiques groupe moteur	documents		
			affichage sur unité		
		considérer règlements	documents		
		considérer limite vitesse	documents		
			panneaux signalisation		
			affichage dans cabine		
		considérer pentes/courbes	documents		
			vision		
		considérer distribution masse	documents		
		considérer état voie	vision		
		considérer longueur train	indicateur compteur pieds		

		considérer jeu	indicateur direction dernier wagon (TIBS)		
			indicateur vitesse		
			indicateur courant moteurs traction		
			voir tableau «Vérifier état système freinage pneumatique»		
		considérer conditions climatiques	vision		
		considérer patinage	indicateur patinage		

Surveiller signaux

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		surveiller panneaux signalisation	vision		
		surveiller voie et alentour	vision		
		surveiller signaux manuels	vision		

Corriger anomalies

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
patinage roues	indicateur	modifier effort	accélérateur	absence	indicateur
	patinage roues	traction		patinage roues	patinage roues
sablage automatique	indicateur			courant moteurs	indicateur
	sablage automatique			traction	courant moteurs traction
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre
patinage roues	indicateur	commander	commande	état système	indicateur
	patinage roues	épandage sable	sablage	sablage	sablage
sablage automatique	indicateur			absence	indicateur
	sablage automatique			patinage roues	patinage roues
augmentation vitesse rotation roues	indicateur			courant moteurs	indicateur
	vitesse			traction	courant moteurs traction
diminution courant moteurs traction	indicateur			vitesse	indicateur
	courant moteurs traction				vitesse
				accélération	accéléromètre
courant excessif frein rhéostatique	indicateur	réduire effort	accélérateur	courant acceptable frein	indicateur
	courant excessif	freinage		rhéostatique	courant excessif
	frein rhéostatique	rhéostatique		rhéostatique	frein rhéostatique

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
				courant moteurs traction	indicateur courant moteurs traction
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre
coupure automatique effort traction	indicateur mise automatique au ralenti (PC)	modifier position accélérateur	accélérateur		
survitesse	détecteur survitesse				
coupure automatique effort traction	indicateur mise automatique au ralenti (PC)	modifier position accélérateur	accélérateur	réarmer freins	voir tableau «Vérifier effort de freinage»
freinage d'urgence commandé	indicateur freinage d'urgence				
coupure automatique effort traction	indicateur mise automatique au ralenti (PC)	modifier position accélérateur	accélérateur	réarmer freins	voir tableau «Vérifier effort de freinage»
arrêt commandé système vigilance	indicateur système vigilance armé				

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
moteur(s) traction surchauffe	indicateur surchauffe moteurs traction	isoler moteur(s) traction	commande isolement moteur traction	courant moteurs traction (si relié indicateur courant)	indicateur courant moteurs traction
moteur diesel surchauffe	indicateur surchauffe moteur diesel	isoler moteur diesel	commande isolement		
		vérifier niveau eau refroidissement	indicateur niveau eau refroidissement		
		vérifier fonctionnement volets	volets		
charge batteries faible	indicateur charge batteries				
survitesse	détecteur survitesse				
	disjoncteurs et fusibles				
mise masse circuits puissance	indicateur masse circuit puissance	isoler unité	commande isolement		
		réarmer	commande réarmement relais masse		

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		remettre unité en service	commande isolement		
arrêt commandé par régulateur	indicateur arrêt régulateur		indicateur niveau huile graissage		
			indicateur niveau eau refroidissement		
			indicateur haute pression carter		
			haute température huile		
		arrêter moteurs toutes unités	accélérateur	arrêt moteurs diesel	bruit et vibration
fumée et bruits anormaux	anomalie	arrêter moteur une unité	commande coupe-carburant d'urgence	arrêt moteur diesel	bruit et vibration

Freiner d'urgence

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		effectuer freinage urgence	commande frein automatique	frein urgence appliqué	indicateur frein urgence appliqué
				état système freinage pneumatique	voir tableau «Vérifier état système freinage pneumatique»
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre
				régime moteur (ralenti)	bruit et vibration
				coupure effort moteur	indicateur courant moteurs traction
		effectuer freinage urgence	commande frein d'urgence	frein urgence appliqué	indicateur frein urgence appliqué
				état système freinage pneumatique	voir tableau «Vérifier état système freinage pneumatique»

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
				vitesse	indicateur vitesse
				accélération	accéléromètre
				régime moteur (ralenti)	bruit et vibration
				coupure effort moteur	indicateur courant moteurs traction

Augmenter vitesse ventilateurs moteur

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		interrompre excitation génératrice principale	commande excitation génératrice principale	courant moteurs traction	indicateur courant moteurs traction
		modifier régime moteur	accélérateur	régime moteur diesel	bruit et vibration

Surveiller équipement

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
chargement surdimensionné	documents	surveiller équipement	voir tableau «Communiquer à distance»		
		surveiller dégagement voie	voir tableau «Communiquer à distance»		

Contrôler éclairage extérieur

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		régler fonction phares selon position unité	commande contrôle phares		
règlement	documents	contrôler phare avant	commande phare avant	état phare avant	vision
					voir tableau «Communiquer à distance»
		contrôler phare arrière	commande phare arrière	état phare arrière	vision
règlement	documents	afficher classe train	commande feux classement		
règlement	documents	rendre numéro unité visible	commande lumière numéro		
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer marches	commande lumière marches	augmentation intensité lumineuse	vision
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer sol	commande lumière sol	augmentation intensité lumineuse	vision
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer fossé	commande lumière fossé	augmentation intensité lumineuse	vision
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer plate-forme	commande lumière plate-forme	augmentation intensité lumineuse	vision

Contrôler éclairage intérieur

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer cabine	commande lumière cabine	augmentation intensité lumineuse	vision
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer surface travail	commande lumière lecture	augmentation intensité lumineuse	vision
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer indicateurs	commande lumière indicateurs	augmentation intensité lumineuse	vision
intensité lumineuse insuffisante	vision	éclairer commandes	commande lumière commandes	augmentation intensité lumineuse	vision
intensité lumineuse insuffisante	vision	utiliser éclairage urgence	commande éclairage urgence	augmentation intensité lumineuse	vision

Contrôler état pare-brise

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
état pare-brise	pare-brise	éliminer buée	commande chauffage pare- brise	chauffage pare- brise en fonction	indicateur chauffage pare- brise
				état pare-brise	vision
état pare-brise	pare-brise	faire fonctionner essuie-glace	commande essuie-glace	mouvement essuie-glace	vision
état pare-brise	pare-brise	laver pare-brise	commande lavage pare- brise	mouvement essuie-glace et jet liquide	vision

Contrôler chauffage

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
sensation	froid	chauffer cabine	commande chauffage	sensation	chaleur

Actionner sifflet

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		actionner sifflet	commande sifflet	sensation	son sifflet

Actionner cloche

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		actionner cloche	commande cloche	sensation	son cloche

Désarmer système vigilance

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		désarmer système vigilance	commandes désarmement système vigilance		

Arrêter moteur

Information		Action		Rétroaction	
Type	Source	Type	Source	Type	Source
		isoler moteur diesel	commande isolement	courant moteurs traction	indicateur courant moteurs traction
		interrompre alimentation carburant	commande coupe-carburant d'urgence	arrêt moteur diesel	absence bruit et vibration
		interrompre courant circuits commande	commande courant circuits commande		

ANNEXE V : Valeurs extrêmes pour les variables critiques

Hauteur genoux-sol, assis

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	63,3	58,0	67,5	65,0
Minima (cm)	40,6	48,0	45,4	49,0

Hauteur yeux-assise

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	86,4	84,5	90,3	88,0
Minima (cm)	64,0	70,8	67,3	74,2

Longueur fesses-genoux, assis

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	69,1	67,0	72,3	70,0
Minima (cm)	49,1	54,0	50,6	53,0

Longueur coude-épaule

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	40,1	39,0	44,6	44,0
Minima (cm)	28,2	34,0	29,7	33,0

Longueur main-avant bras

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	54,6	51,5	57,8	60,5
Minima (cm)	32,4	44,5	38,6	44,5

Longueur dos-poignet

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	76,3	75,0	83,5	84,0
Minima (cm)	50,8	56,0	56,5	57,0

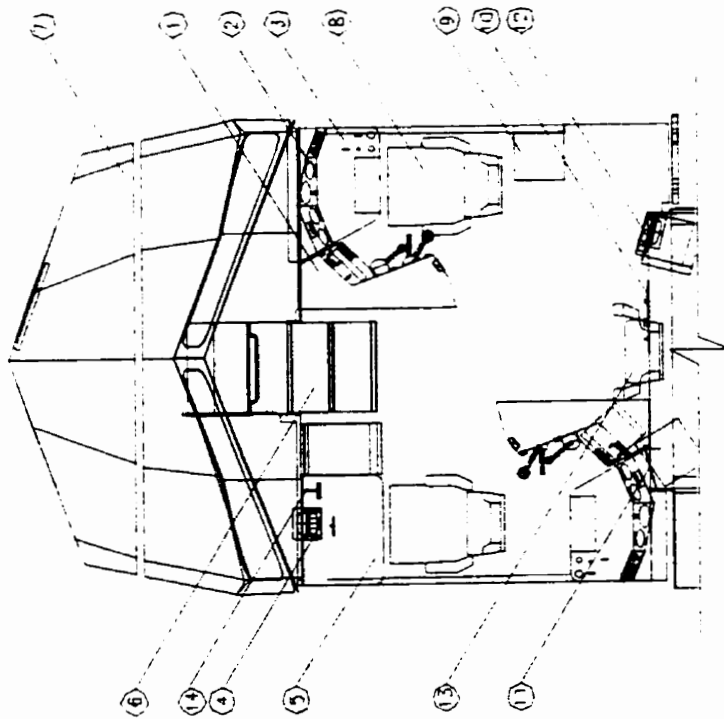
Hauteur acromion-assise

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	66,4	64,9	69,5	66,4
Minima (cm)	46,4	51,3	50,1	55,2

Hauteur oeil-acromion

	Femmes		Hommes	
	U.S.	CN	U.S.	CN
Maxima (cm)	20,0	19,6	20,8	21,6
Minima (cm)	17,6	19,5	17,2	19,0

ANNEXE VI : Dessins de conception



14	FREIN D'URGENCE	1	
13	SIÈGE PILOTE A REPOSE PIED	1	
12	ECRAN 12 BELLE DROIT	4	
11	ECHAU 14 BELLE CAMERA	2	
10	COMMANDES SECONDAIRES	1	
9	TABLETTE RETRACTABLE	1	
8	SIÈGE BAULTAR AS58B JS8B	2	
7	NEZ MODIE	1	CAB-10
6	MARCHES MIDDIELS	1	CAB-09
5	SURFACE DE TRAVAIL CHEF	1	CAB-08
4	TABEAU D'ATTACHE. CHEF	1	CAB-07
3	SURFACE DE TRAVAIL. INC.	2	CAB-06
2	TABEAU D'ATTACHE INC	2	CAB-05
1	BLOC DE COMMANDE	2	CAB-04
NO	DESIGNATION	QTY	REF.



MAQUETTE DE
LA CABINE

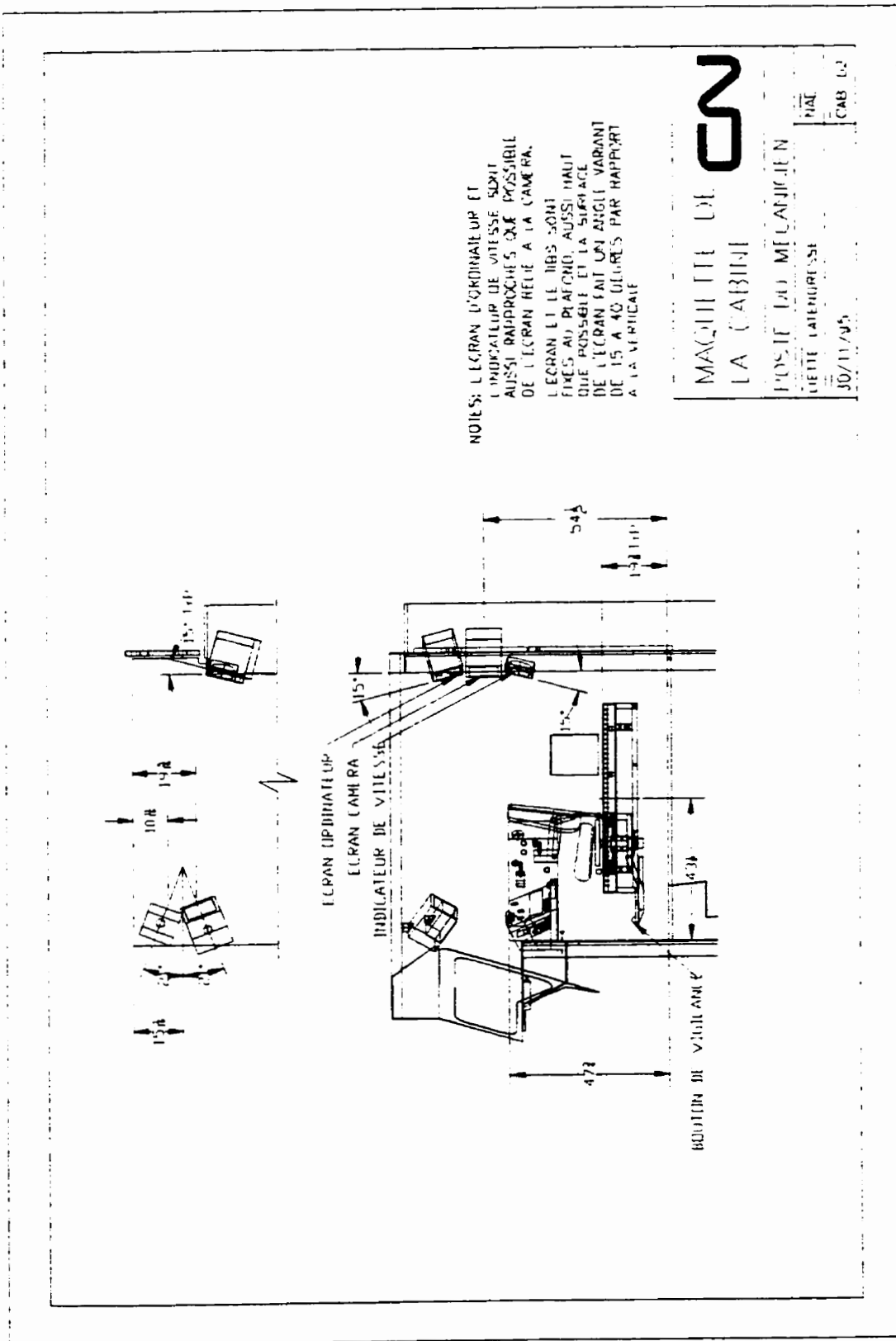
VUE GÉNÉRALE, PLAN

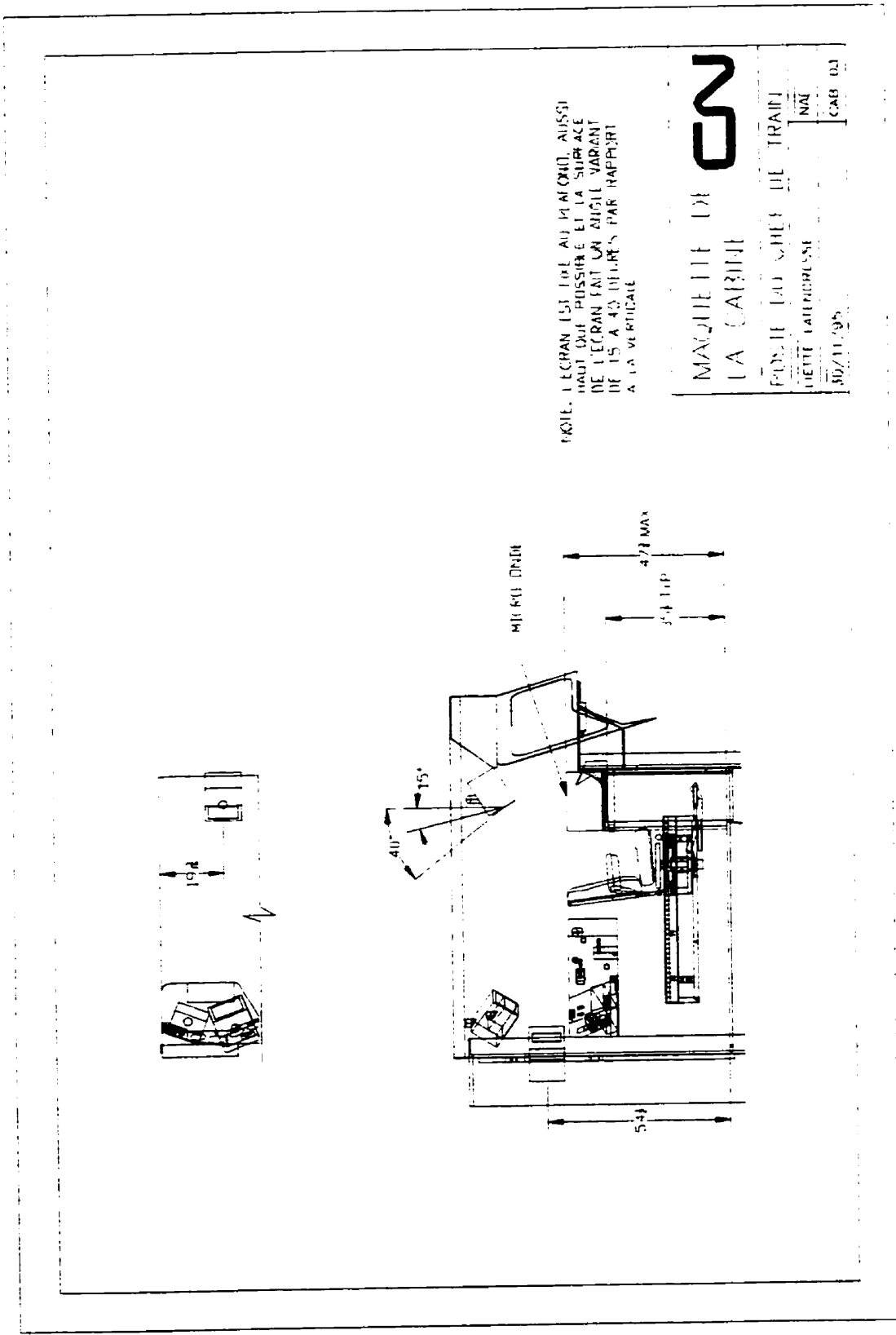
DATE L'ADRESSE

30/11/95

NAE

CAB-01





19	SUPPORT EU COMBINE	1
20	INTERRUPTEUR MARCHI VOTEUR	1
19	INTERRUPTEUR ISOLIMENT	1
18	INTER. EXCIT. DEFERRANCE	1
17	INTERRUPTEUR SABLAGE AUTO.	1
16	INTERRUPTEUR SABLAGE MANUEL	1
15	BOUTON ETALONNAGE	1
14	SELECTEUR PHARE AVANT	1
13	SELECTEUR PHARE ARRIERE	1
12	INTERRUPTEUR LUMIERE FOSSE	1
11	INTERRUPTEUR LUMIERE SIX	1
10	INTER. LUM. MARCHES AVANTS	1
9	INTER. LUM. MARCHES ARRIERES	1
8	BOUTON PLACE AUTOMATIQUE	1
7	BOUTON SEULET	1
6	BOUTON GLOCHE	1
5	RAJEC.	1
4	SELECTEUR SENS DE MARCHÉ	1
3	LEVER FREIN RINDEPENDANT	1
2	LEVER FREIN AUTOMATIQUE	1
1	ANDEL ET FREIN RHEOSTATIQUE	1
140	DESIGNATION	NB



MAQUETTE DE
LA CABINE

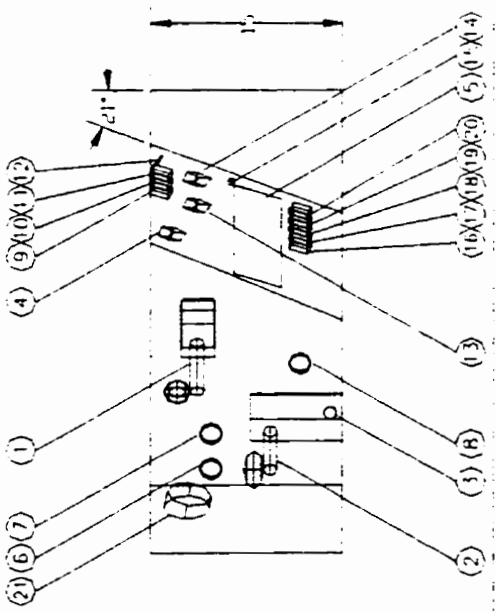
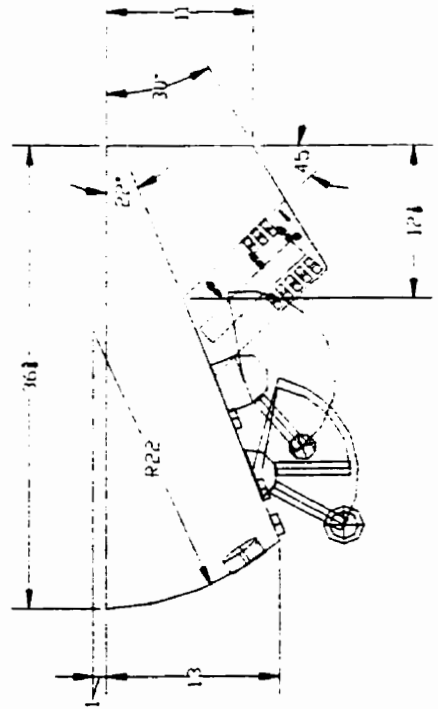
BLOC DE COMMANDE

LETTRE LATINES

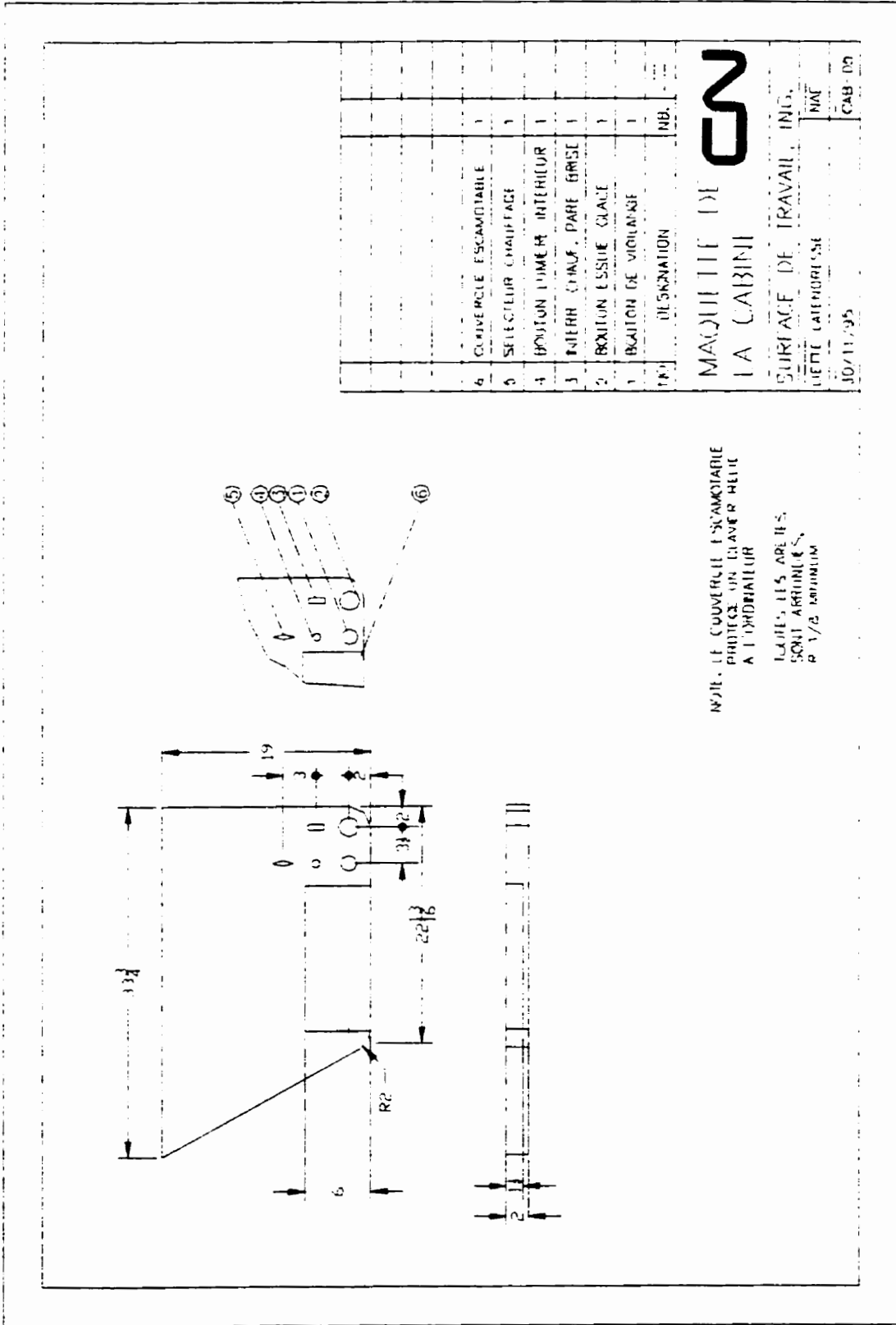
30/11/95

NAL

1-248 04



NOTE
LE BLOC DE COMMANDE
EST DOTÉ D'UN MECANISME
QUA LUI PERMET DE
SELOGNER DU MUR DE
20° AU MAXIMUM
LES INTERRUPTEURS
DOIVENT ETRE EXPOSEES
CHAQUE GROUPE DOIT
ETRE ENCADRE PAR UNE
LIGNE
TOUTES LES ADEL 115
SONT ARRONDIES,
R 1/8 MINIMUM



NOTE: LE COUVERCLE ESCAMOTABLE
 PROTEGE UN CLAVIER HEURE
 A L'ORDRIATEUR

TOUTES LES ARÊTES
 SONT ARRONDIES
 R 1/2 MINIMUM

6	COUVERCLE ESCAMOTABLE	1
5	SELECTEUR CHAUFFAGE	1
4	BOUTON LIMITEUR INTERIEUR	1
3	PIEDR CHAUF. PARE BRUIE	1
2	BOUTON ESSUE GLACE	1
1	BOUTON DE VIOLEBASE	1
REP.	DESIGNATION	NB.

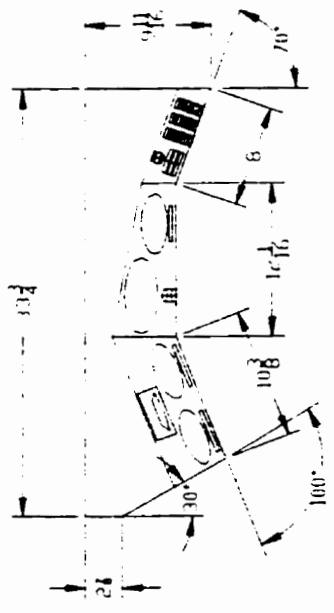
MAQUILLIE DE
 LA CABINI

SURFACE DE TRAVAIL, INCL.
 LIENE CATERPILLER
 NAC

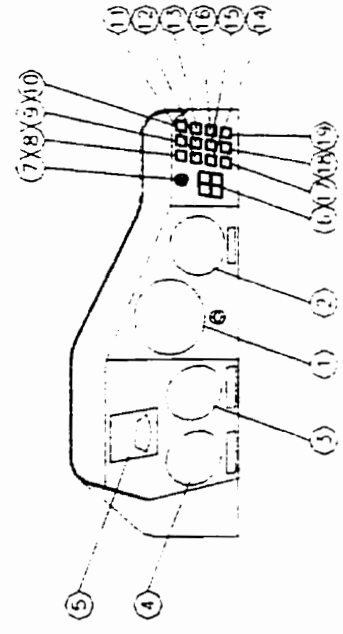
10/11/95

CAB-09





VUE DE DESSUS SANS LA VISIÈRE



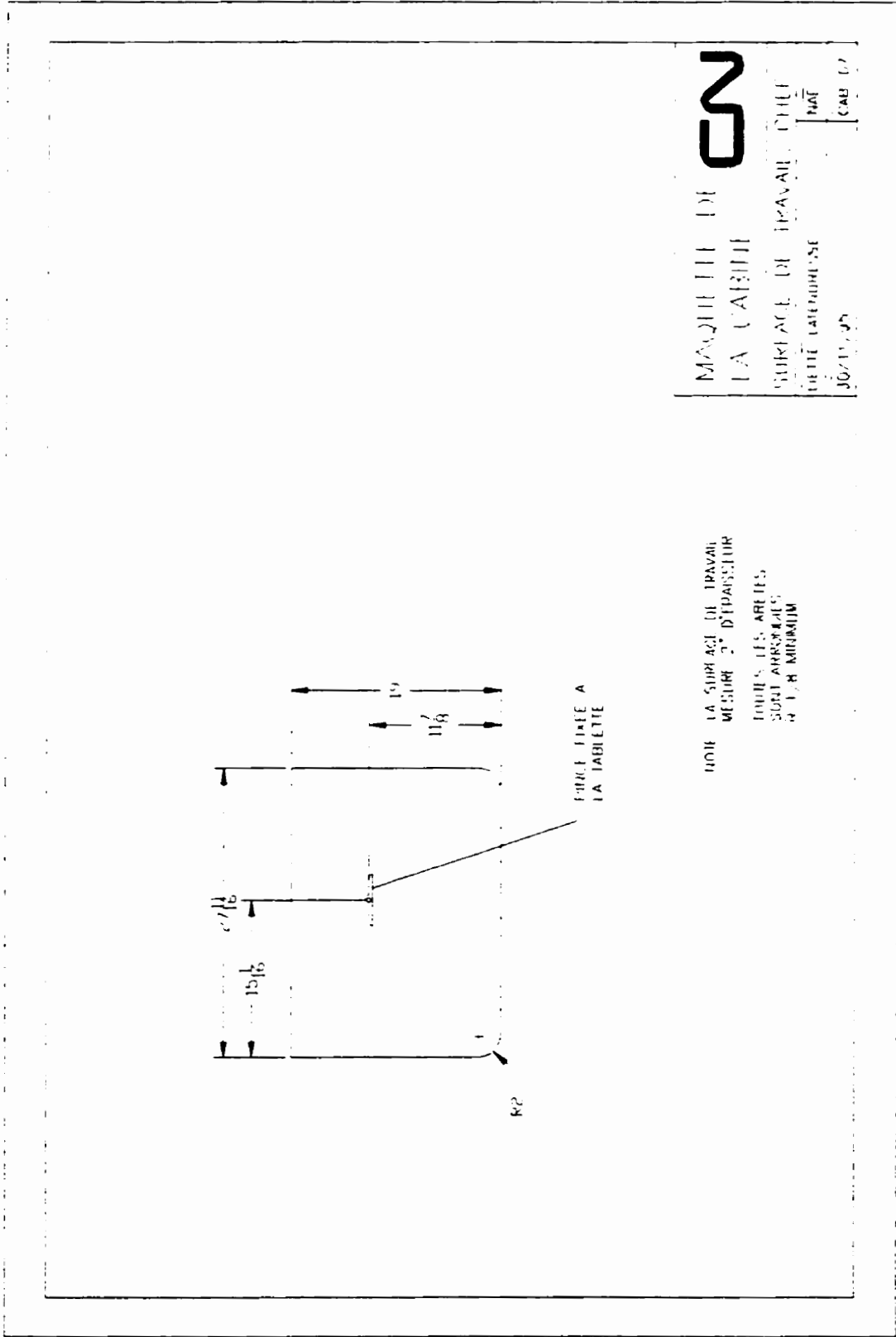
NOTES: LA FORME GÉNÉRALE ET LA POSITION PAR RAPPORT AU MUR SONT IDENTIQUES À CELLES DU TABLEAU DU CHÊNE DE TRAIN
 LA SECTION DE DROITE DU TABLEAU MESURE 11 1/2" DE HAUT, EN VRAIE GRANDEUR
 CELLE DE GAUCHE MESURE 5 3/4" DE HAUT, EN VRAIE GRANDEUR AÜSSÏ

19	SURE HAUTE MOTEUR TRACTION	1
18	AIR ET REGULATEUR	1
17	TEST	1
16	PRESSON AIR TURBU	1
15	POMPE AUXILIAIRE TURBU	1
14	CHARGE BATTERIE	1
13	PRESSON HUILE BASSE	1
12	PRESSON HUILE GRAINSACK BASSE	1
11	MASSE CIRCUIT PUISSANCE	1
10	SABLAJE AUTOMATIQUE	1
9	PATINAGE	1
8	FREIN URDENTE APPELOR	1
7	SYSTEME VIBRANCE DEFECTUEUX	1
6	ARMEMENT SYSTEME VIBRANCE	1
5	DUIT CONDUIRE GENERALE	1
4	PRES RESERV. PRINCIPAL ET EGAL	1
3	PRES L'INDRE ET CONDUIRE	1
2	COURANT MOEURS DE TRACTION	1
1	VITESSE ET ACCELERATION	1
18	DESIGNATION	18

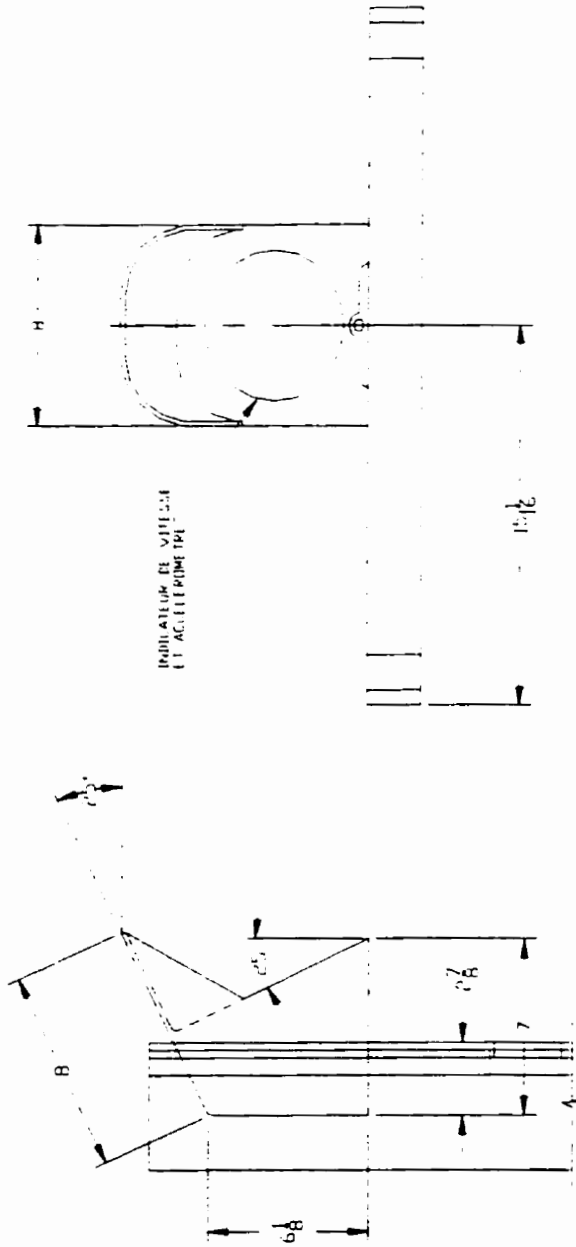
MAQUETTE DE LA CABINE

TABLEAU D'AFFICHAGE IND.	
LETTRE LATINEUSE	NAE
NO. 11/25	CAB 06





NOTE LA SURFACE DE TRAVAIL
 MESURE 2° D'EPaisseur
 TOUS LES ARRETES
 SONT ARRONDIS
 R 1/8 MINIMUM



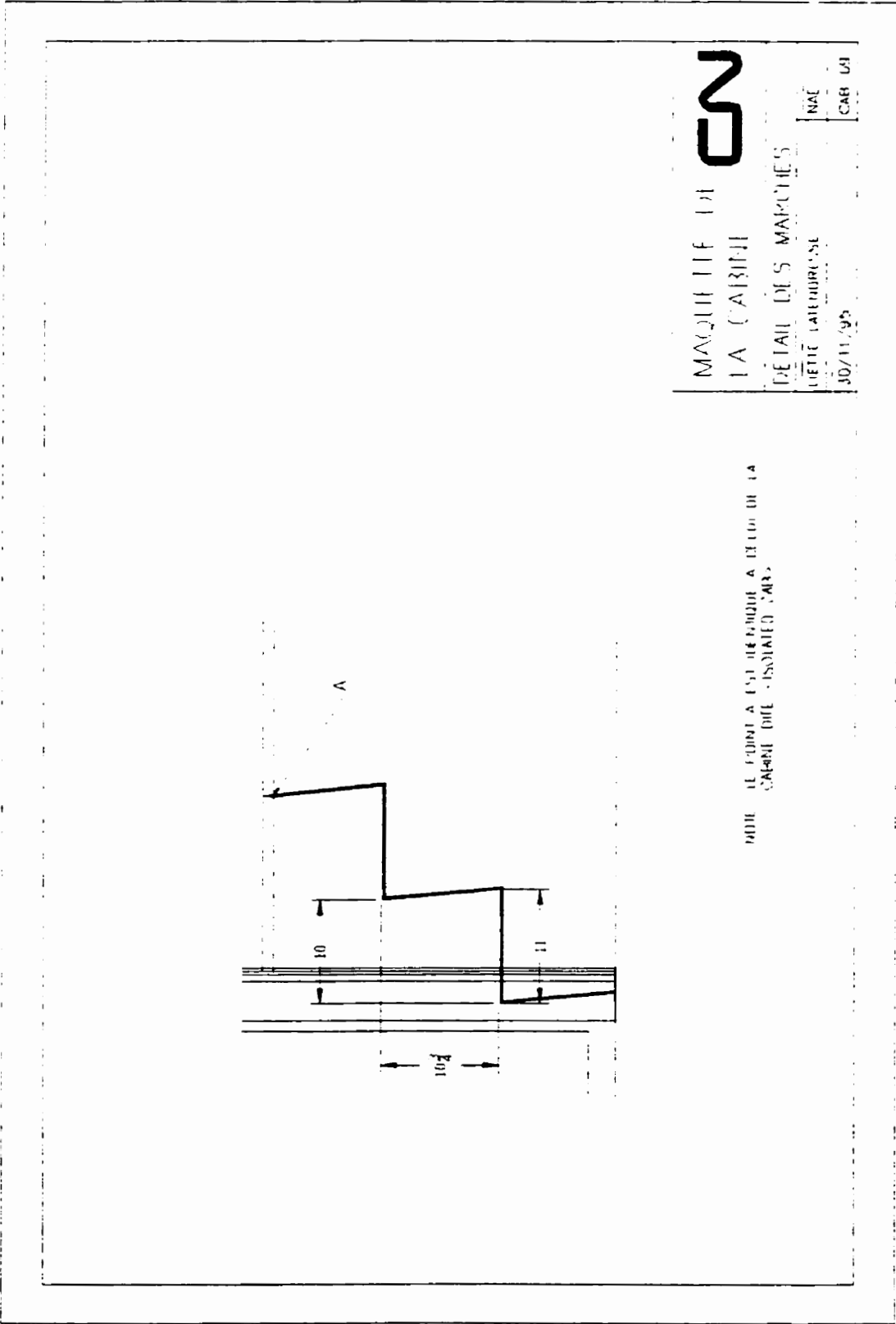
INDICATEUR DE VITESSE
ET D'ACCELERATION

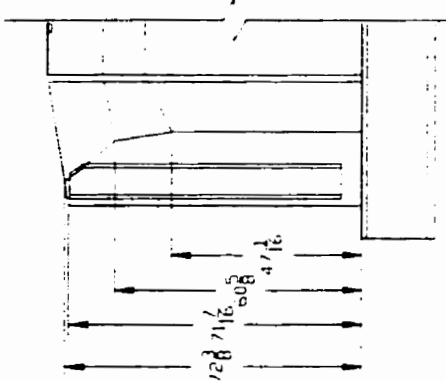
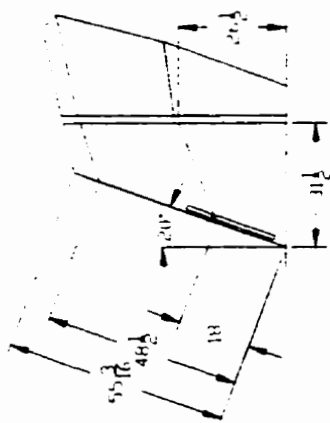
NOTE: TOUS LES ANGLES
SONT ARRONDIS
R 1/8 MINIMUM.

MAQUETTE DE
LA CAHIER

TABRIAU D'AFFICHAGE, CHIEF
DATE
PAR 019







NOTE LA SECURITE PASSEURURE (A)
NE7 EST UN HANCÉE

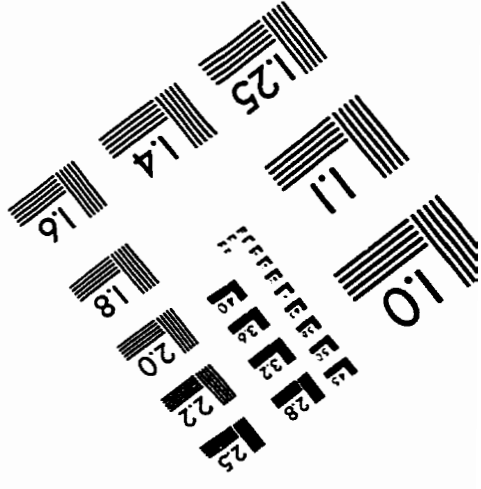
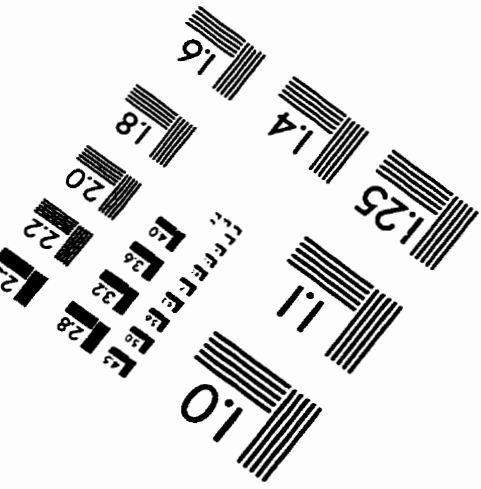
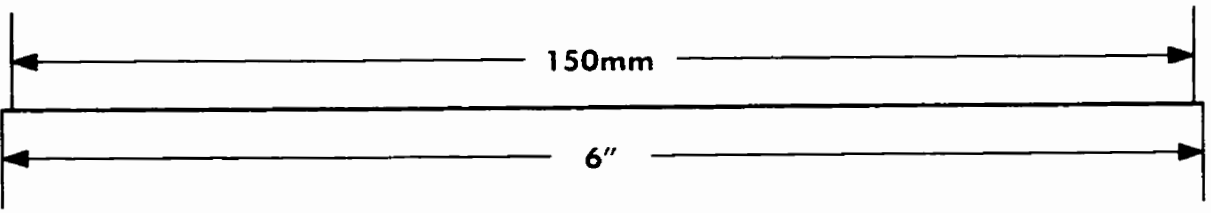
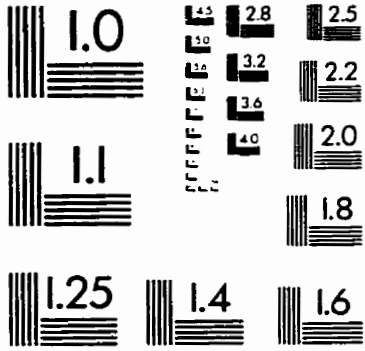
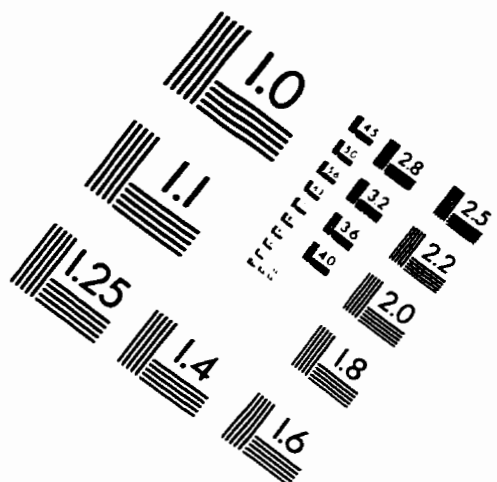
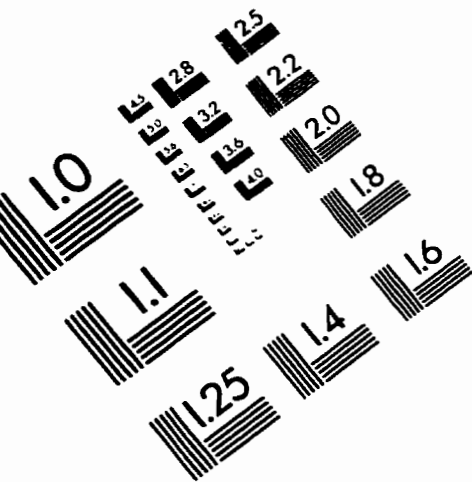
3

MAQUETTE DE
LA CARTE

REF: M0201E
DATE: 14/09/95
30/11/95

NAI
CAB NI

IMAGE EVALUATION TEST TARGET (QA-3)



APPLIED IMAGE, Inc
 1653 East Main Street
 Rochester, NY 14609 USA
 Phone: 716/482-0300
 Fax: 716/288-5989

© 1993, Applied Image, Inc.. All Rights Reserved