



HAL
open science

Influence de l'utilisation des commandes bimanuelles sur le risque de troubles musculo-squelettiques.

A. Papelier, C. Gaudez

► To cite this version:

A. Papelier, C. Gaudez. Influence de l'utilisation des commandes bimanuelles sur le risque de troubles musculo-squelettiques.. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 247, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 2005, 84 p., ill., bibliogr. hal-01420147

HAL Id: hal-01420147

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420147v1>

Submitted on 20 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Influence de l'utilisation des commandes bimanuelles sur le risque de Troubles Musculo-Squelettiques

Aline Papelier – Clarisse Gaudes

*Département Homme au Travail
Laboratoire de Biomécanique et d'Ergonomie*

Avant propos

Les Troubles Musculo-Squelettiques (TMS) sont des pathologies multi-factorielles, elles s'inscrivent dans un cadre probabiliste où chaque facteur de risque (biomécanique, psychosociaux, organisationnel, ...) concoure, à des degrés divers, à l'apparition de ces pathologies. La part spécifique de chacun de ces facteurs dans la genèse de la maladie ne peut être déterminée. Toutefois, il est évident que leur multiplication augmente le risque d'apparition des TMS.

Dans le cadre de ses missions d'assistance pour la prévention des TMS du Membre Supérieur, l'INRS a été sollicité, à maintes reprises, pour étudier la possible relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS. Cette question émanait à la fois de CRAM, de représentants des employeurs et des salariés ainsi que du Ministère en charge du travail. Par ailleurs, ces dernières années, les commandes bimanuelles ont fait l'objet d'une évolution technologique destinée, selon les fabricants, à réduire les TMS. Pourtant, les données bibliographiques documentant l'approche ergonomique des commandes bimanuelles, anciennes ou nouvelles, sont manquantes.

Cette étude exploratoire met en évidence que les commandes bimanuelles, organe de sécurité, doivent, dans certaines situations de travail, être considérées comme un véritable outil. En effet, le temps dédié à leur utilisation peut aller jusqu'à un quart du temps de cycle. Leur mise en oeuvre constitue ainsi une activité à part entière faisant partie intégrante du cycle de travail. Cette étude montre aussi la variété de types de commandes bimanuelles utilisées, lesquelles proviennent souvent de fabrications artisanales, et leur diversité d'emplacement au poste de travail.

Cette recherche ouvre de nouvelles pistes de réflexions. Cependant, du fait qu'elle a été menée sur un faible effectif, il convient d'être prudent avant de généraliser ses conclusions.

Docteur Clarisse Gaudet
Laboratoire de Biomécanique et d'Ergonomie

Sommaire

Introduction	5
Partie 1 : La demande	6
1. Contexte de l'étude	
2. Problématique	
3. Objectifs de l'étude	
Partie 2 : Etat de l'art	8
1. Les troubles musculosquelettiques	
1.1 Définitions	
1.2 Données chiffrées	
1.3 Facteurs de risque de TMS	
2. Les commandes bimanuelles	
2.1 Définitions et description	
2.2 Recherche de données disponibles et précision des hypothèses	
Partie 3 : Protocole et méthode	14
1. Phase 1 de l'intervention	
2. Phase 2 de l'intervention	
3. Phase 3 de l'intervention	
Partie 4 : Résultats	17
1. Cadre de l'intervention- Présentation des terrains d'étude	
1.1 Présentation de l'entreprise A	
1.2 Présentation de l'entreprise B	
2. Population	
3. Douleurs et plaintes	
4. Stress et facteurs psychosociaux	
4.1 Stress	
4.2 Facteurs psychosociaux	
5. Analyse ergonomique	
5.1 Activité de travail globale	
5.1.1 Postes étudiés - Observations libres et vidéo : activité globale	
5.1.2 Vécu du travail : activité globale	
5.1.3 OREGE : activité globale	
5.1.4 Chronique d'activité : activité globale	

- 5.2 Utilisation des commandes bimanuelles dans l'activité de travail
 - 5.2.1 *Observations libres et vidéo : commandes bimanuelles*
 - 5.2.2 *Vécu de l'utilisation des commandes bimanuelles*
 - 5.2.3 *OREGE : commandes bimanuelles*
 - 5.2.4 *Chronique d'activité : commandes bimanuelles*

Partie 5 : Discussion

36

- 1. Facteurs de risques liés à l'utilisation des commandes bimanuelles
 - 1.1 Facteurs de risque biomécaniques
 - 1.1.1 *Efforts*
 - 1.1.2 *Positions articulaires*
 - 1.1.3 *Répétitivité*
 - 1.2 Facteurs de risque indirects
- 2. Place de l'utilisation des commandes bimanuelles dans l'activité de travail
- 3. Influence du modèle de commandes bimanuelles
- 4. Pertinence de la demande d'étude sur les commandes bimanuelles

Conclusion

40

Bibliographie

41

Annexes

43

- Annexe 1 : Extrait du tableau 57 des maladies professionnelles
- Annexe 2 : Présentation des différents modèles de commandes bimanuelles
- Annexe 3 : Schématisation de la chronologie d'intervention
- Annexe 4 : Support de présentation de l'étude en entreprise
- Annexe 5 : Grilles d'entretiens
- Annexe 6 : Grilles d'observations
- Annexe 7 : Questionnaire
- Annexe 8 : Photographies illustrant des positions articulaires extrêmes
- Annexe 9 : Photographies illustrant la diversité des commandes bimanuelles

Introduction

Dans le cadre de ses missions d'assistance pour la prévention des TMS du Membre Supérieur, l'INRS a été sollicité pour étudier la possible relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS. Cette question a fait l'objet de plusieurs demandes, qu'il s'agisse de la part de CRAM ou de représentants sociaux. Par ailleurs, les évolutions technologiques ont amené sur le marché de nouveaux types de commandes bimanuelles destinées à réduire les TMS.

L'objectif de l'étude est donc d'identifier et d'analyser les potentiels facteurs de risque de TMS présents lors de l'utilisation des commandes bimanuelles et de connaître l'efficacité des nouveaux modèles de commandes bimanuelles, du point de vue de la prévention du risque TMS.

Une présentation du contexte et des objectifs de l'étude sont détaillés. Un état de l'art permettra de faire le point sur les connaissances actuelles concernant le lien possible entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition des TMS. La méthodologie employée pour l'étude sera ensuite exposée, suivie des résultats obtenus. Ceux-ci feront ensuite l'objet d'une discussion, en dernière partie.

Partie 1 : La demande

1. Contexte de l'étude

L'INRS a été interpellé à plusieurs reprises à propos de la relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS. L'hypothèse d'une relation entre les TMS et les commandes bimanuelles a été évoquée à la fois par les représentants des employeurs et des salariés (via leurs syndicats respectifs) mais également par le ministère du travail à l'occasion de la réunion du Comité National de Prévention des TMS [Etienne, CR Réunion comité National de prévention TMS, 2003]. L'INRS a également reçu des demandes sur la question de la part de plusieurs CRAM. Toutes ces demandes reçues à l'INRS reflètent donc une inquiétude partagée sur le sujet.

La question est d'autant plus d'actualité, que l'évolution technologique des commandes bimanuelles a été considérable. Depuis quelques années en effet, les commandes bimanuelles, qui étaient jusque là composées de deux boutons poussoirs (commandes bimanuelles dites mécaniques), sont constituées de cellules de détection de présence, ne nécessitant plus d'effort pour les actionner. L'IRSST* (homologue québécois de l'INRS) considère que le progrès technique a amené sur le marché de nouveaux modèles de commandes bimanuelles destinées à réduire les TMS [Bélanger et coll., 1990]. Le document de l'IRSST laisse donc à penser qu'il considère que des commandes bimanuelles peuvent être à l'origine de TMS. Par ailleurs, de nombreux fabricants de commandes bimanuelles font de la santé au travail un argument de vente de leurs produits. Il n'est pas rare en effet, de lire des argumentaires affirmant que les nouveaux modèles de commandes bimanuelles de type capacitif ou optique diminuent le risque de TMS. Cependant, en toute rigueur, vu que la relation entre les TMS et les commandes bimanuelles est très peu documentée, la mise en avant d'une solution technique est prématurée.

Ce constat soulève en fait deux questions. D'une part, l'existence d'une relation entre les commandes bimanuelles et les TMS, et d'autre part, si cette relation est vérifiée, la pertinence et l'efficacité des nouvelles solutions techniques proposées par les fabricants.

Les publicités faites par les fabricants et les interrogations transmises à l'INRS témoignent déjà d'une conviction partagée. Aussi est-il légitime de s'interroger sur les hypothèses énoncées et de comprendre pourquoi, si brusquement, les commandes bimanuelles sont-elles mises en relation avec la problématique TMS.

La relation entre les TMS et les commandes bimanuelles est une question nouvelle, qui nécessite pour y répondre de conduire une étude sur le sujet. C'est cette demande d'étude que m'a transmis le laboratoire de biomécanique et d'ergonomie.

* IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

2. Problématique

Les commandes bimanuelles peuvent être, a priori, apparentées à un organe de sécurité. En effet, la fonction de ces dispositifs de commandes est d'éloigner les mains de l'opérateur d'une zone dangereuse et non d'agir en soi sur le process de travail. Lors de l'étude, l'organe de commande est donc considéré comme un élément de sécurité et non pas comme un outil de travail. En conséquence, l'étude doit prendre en compte cette dimension sécuritaire et l'intégrer lors de l'analyse de l'activité. Cependant, il semble que la mise en place des dispositifs de commandes bimanuelles ne soit pas toujours justifiée en termes de sécurité, ce qui pourra également être étudié sur le terrain.

L'utilisation des commandes bimanuelles constitue une activité à part entière, faisant partie intégrante du cycle de travail. Ainsi ce dispositif de commande nécessite notamment, comme les autres tâches du cycle de travail, une activité motrice et cognitive. L'utilisation des commandes bimanuelles peut donc faire l'objet d'une étude ergonomique. L'activité de l'opérateur doit être analysée dans son ensemble pour mieux comprendre le contexte d'utilisation de ces dispositifs de commande et les difficultés pouvant y être associées. Il faudra connaître dans quelles conditions (temporelles, dimensionnelles, organisationnelles...) s'utilisent ces dispositifs de commandes bimanuelles. En effet, les commandes bimanuelles étant utilisées au cours d'un ensemble de tâches constituant l'activité de travail, cet organe de commande ne peut donc à lui seul faire l'objet d'une étude.

3. Objectifs de l'étude

Afin de répondre à la problématique posée, l'étude ergonomique doit permettre d'identifier et d'analyser les potentiels facteurs de risque de TMS présents lors de l'utilisation des commandes bimanuelles. Par ailleurs, l'étude devra permettre de connaître l'efficacité des nouveaux modèles de commandes bimanuelles, du point de vue de la prévention du risque TMS.

Concrètement, afin d'atteindre ces objectifs, l'étude sur le terrain consistera à caractériser les conditions d'utilisation des commandes bimanuelles, en termes de temps d'utilisation, de postures adoptées et de répétitivité. L'activité de l'opérateur dans son ensemble fera l'objet d'une analyse ergonomique. Celle ci permettra de caractériser le contexte de travail (facteurs psychosociaux, stress...), d'estimer la charge de travail globale et de la mettre en parallèle avec la charge de travail imputable à l'utilisation des commandes bimanuelles.

Partie 2 : Etat de l'art

1. Les troubles musculosquelettiques

1.1 Définitions

Les troubles musculosquelettiques (TMS) sont des pathologies multifactorielles à composante professionnelle qui affectent les tissus mous (muscles, tendons, nerfs) [Aptel et coll., 2000 e ; Gerling et coll., 2002].

Les TMS recouvrent diverses maladies dont les douleurs seraient l'expression la plus manifeste et qui concernent tous les segments corporels permettant à l'homme de se mouvoir et de travailler. A la douleur est souvent associée une gêne fonctionnelle qui peut parfois être invalidante. Ainsi le terme TMS recouvre aussi bien la fatigue posturale que les affections périarticulaires.

Les TMS sont le résultat d'un déséquilibre entre les sollicitations biomécaniques et les capacités fonctionnelles de l'opérateur, lesquelles dépendent de l'âge, du sexe, de l'état physiologique et psychologique et des antécédents personnels. Lorsque ces sollicitations sont supérieures aux capacités fonctionnelles, la probabilité de survenue d'un TMS est majorée surtout si les temps de récupération accordés au salarié sont insuffisants. A l'inverse, si les sollicitations sont inférieures, alors le risque de TMS est faible.

1.2 Données chiffrées

En France, la plupart des TMS sont reconnus dans le tableau 57 des maladies professionnelles du régime général des travailleurs salariés (cf. annexe 1). Ce tableau a été modifié en 1991 dans le sens de l'élargissement des conditions de leur reconnaissance.

Le nombre d'affections périarticulaires indemnisées en France ne cesse d'augmenter (cf. figure 1). Ainsi, ce nombre est passé de 433 en 1982 à 21126 en 2002 pour le régime général. En 1990, le nombre des maladies professionnelles reconnues au titre du tableau 57 devenait le plus élevé, devançant celui de la surdité reconnue au titre du tableau 42. En 2002, 67% des personnes indemnisées pour une maladie professionnelle l'étaient au titre du tableau 57.

Les conséquences de cette situation sont multiples tant au niveau individuel, avec des incapacités professionnelles et des traitements médicaux, qu'au niveau des entreprises, avec des pertes de production et des arrêts de travail. Cela représente des coûts financiers énormes pour toutes les nations industrialisées. Ainsi, la branche accidents du travail / maladies professionnelles de la Sécurité sociale a calculé que chaque patient souffrant d'une affection périarticulaire lui coûtait en moyenne 13 889 € en 2002. Le coût indirect est en revanche inconnu mais serait de 2 à 4 fois le coût direct.

Concernant les régions atteintes par les TMS, il s'agit principalement des poignets et des mains, qui représente près de la moitié des affections périarticulaires (cf. figure 2).

TMS indemnisés

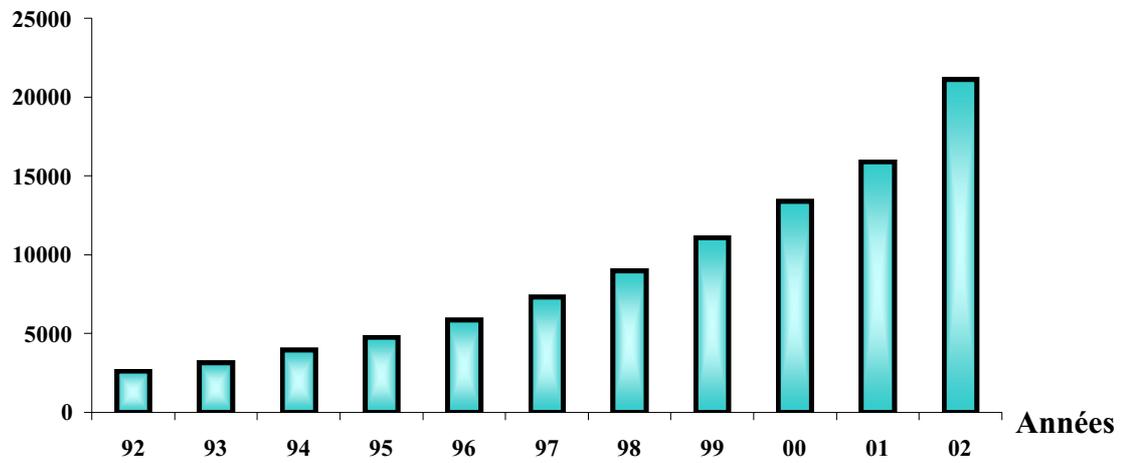


Figure 1 : Evolution du nombre de maladies professionnelles indemnisées au titre du tableau 57 en France (source CNAMTS)

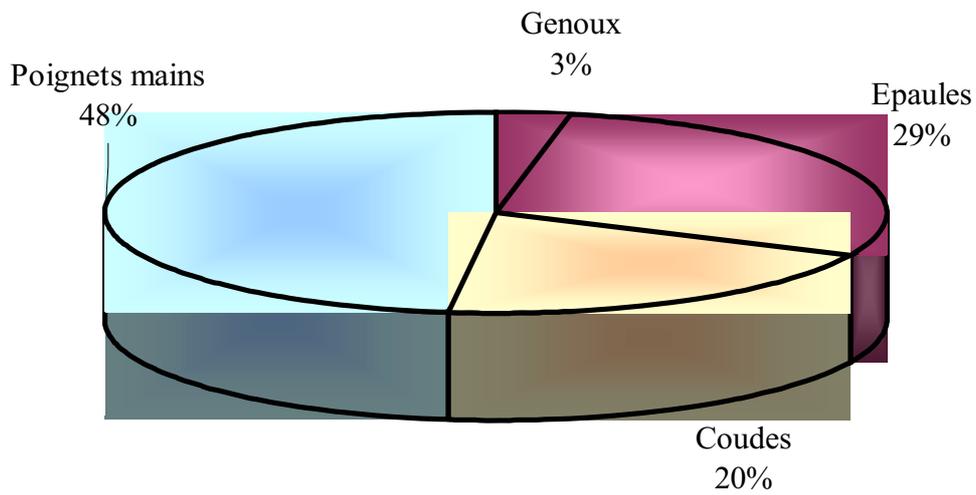


Figure 2 : Répartition des MP57 par région anatomique, année 2002, n=21 126

1.3 Facteurs de risque de TMS

Les TMS ne s'inscrivent pas dans un modèle où une cause entraîne un effet, comme pour le bruit et la surdité, mais dans un cadre probabiliste où chaque facteur concourt, plus ou moins, à l'apparition de ces pathologies. Les facteurs de risque de TMS sont multiples et de différentes natures (cf. figure 3). Il s'ensuit que les TMS sont des maladies multifactorielles à composante professionnelle. Ce constat fait l'objet d'un consensus de la part de la communauté scientifique internationale. Ainsi, la notion de probabilité doit subsister à celle de causalité.

En conséquence, tous les salariés exposés aux facteurs de risque de TMS ne seront pas automatiquement atteints. Cependant, la présence de facteurs de risque professionnels de TMS dans une entreprise peut accroître considérablement la probabilité de survenue de ces troubles chez les salariés qui y travaillent. De plus, si les facteurs de risque professionnels sont présents dans une entreprise, leur influence est prépondérante sur celle des facteurs de risque non professionnels dans la survenue d'un TMS chez un salarié.

La part spécifique de chacun des facteurs de risque dans la genèse de la maladie ne peut être déterminée. Toutefois, il est évident que la multiplication des facteurs de risque augmente le risque d'apparition des TMS.

Etant donné que le risque est lié aux capacités fonctionnelles, aucun niveau de risque ne peut être proposé sans tenir compte de celles-ci. Ainsi, l'effort de préhension maximal que peut exercer un opérateur dépend de sa capacité fonctionnelle ; il n'existe donc pas de niveau absolu de référence. Ceci explique partiellement le fait que des valeurs limites d'exposition qui tiennent compte des capacités fonctionnelles, ne soient pas encore exactement définies. Les principaux facteurs de risque professionnels sont de nature biomécanique ou psychosociale. Les facteurs de risque biomécaniques sont [Aptel et coll., 2000 d ; Gerling et coll., 2002]:

- Les zones articulaires extrêmes
- Les efforts excessifs
- La répétitivité des gestes
- Le travail en position maintenue

L'effet de ces facteurs biomécaniques peut être fortement augmenté si le temps de récupération est insuffisant.

Les facteurs psychosociaux (organisation du travail, contrôle sur le travail, participation à l'organisation...) jouent également un rôle dans la survenue des TMS par l'intermédiaire du stress. En effet, le stress, comme d'autres facteurs individuels tels que le sexe ou les antécédents médicaux, favorisent les TMS.

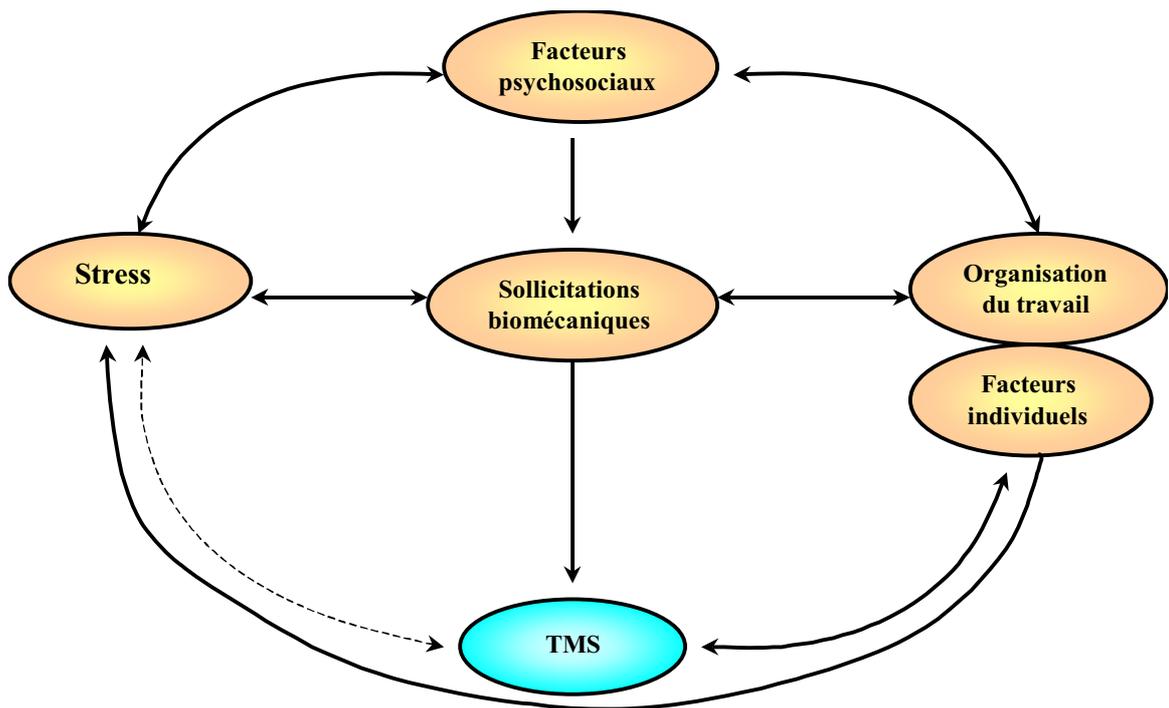


Figure 3 : Relation entre les facteurs de risque d'apparition de TMS [Aublet-Cuvelier, 2000]

2. Les commandes bimanuelles

2.1 Définitions et description

Afin d'assurer une compréhension commune sur le terme « commandes bimanuelles », quelques définitions sont à préciser [Norme NF EN 574.09/96]. Le dispositif de commande bimanuelle est un dispositif qui exige une manœuvre au moins simultanée à l'aide des deux mains pour déclencher et entretenir, tant qu'une situation dangereuse existe, tout fonctionnement d'une machine, constituant ainsi une mesure de protection seulement pour la personne qui l'actionne.

Plusieurs types de commandes bimanuelles peuvent être distingués [Bélanger et coll., 1995]. Les commandes bimanuelles peuvent d'abord être distinguées en fonction du type de génération du signal de sortie. Il existe, pour cette caractéristique, deux types de commandes bimanuelles. Les commandes bimanuelles de type maintenu doivent être maintenues enfoncées tant que la machine n'a pas atteint la fin de son cycle dangereux. Ces commandes sont les plus fréquentes du fait d'un aspect sécurité optimal. Il existe d'autres commandes bimanuelles qui servent uniquement à déclencher le cycle et ne commandent pas l'arrêt lorsqu'elles sont relâchées, elles sont dites de type déclencheur.

En plus de ces deux types, chacun d'eux peut être combiné à une caractéristique qui permet la génération du signal de sortie que lorsque les deux organes de service sont manœuvrés dans un délai inférieur à 0,5 seconde, cette particularité est appelée manœuvre synchrone.

Du point de vue technologique, on distingue principalement trois genres de commandes bimanuelles en fonction de leur mode d'activation (cf. Présentation des différents modèles de commandes bimanuelles - annexe 2). Les commandes bimanuelles à boutons mécaniques sont activées par pression sur les deux boutons poussoirs, alors que d'autres dispositifs de commandes ne nécessitent pas d'exercer une pression, comme les commandes bimanuelles de type capacitif, qui sont activées par un simple effleurement de la commande par la main ou comme les commandes bimanuelles de type lumineux ou optique (en lumière visible ou infrarouge), qui sont activées par le passage de la main dans la trajectoire du faisceau lumineux.

2.2 Recherche de données disponibles et précision des hypothèses

La recherche de données bibliographiques sur l'étude des commandes bimanuelles n'a pas permis de documenter l'approche ergonomique de ces dispositifs. Seules des études axées sur la dimension sécuritaire étaient disponibles. En effet, aucune étude ne portait sur la relation entre commandes bimanuelles et TMS. La recherche bibliographique a été effectuée à partir d'une vingtaine de mots clés en français et en anglais (two-hand control device, forefinger press, hand...), en utilisant différents moteurs de recherche et bases de données (PubMed, Elsevier, Science Direct, Google, Ergonomic Abstract...).

Après avoir effectué une recherche sur le lien entre le geste effectué lors de l'utilisation des commandes bimanuelles (mouvement main-poignet) et les TMS, les données récoltées informent uniquement sur les facteurs de risque de TMS déjà cités précédemment. Enfin, la prospection documentaire s'est achevée par la recherche d'études concernant les mouvements d'extension des doigts, et la coordination-précision du mouvement. Les seules données spécifiques obtenues concernent les forces produites par la main et les doigts, et les contraintes dues aux différents types de préhension.

La recherche bibliographique n'ayant pas permis de récolter des données ergonomiques sur l'utilisation des commandes bimanuelles, l'étude s'appuiera principalement sur l'analyse des facteurs de risque de TMS (efforts, répétitivité, positions articulaires). En effet, l'utilisation des commandes bimanuelles étant une action motrice, elle peut être analysée à partir des facteurs de risque de TMS connus.

La majorité des arguments des fabricants de commandes bimanuelles de type capacitif ou optique repose sur la diminution de la force à produire pour activer la commande. Si effectivement, la force produite diminue, il peut paraître logique que l'incidence sur le risque de TMS diminue également. Cependant il est important, dans un premier temps, de distinguer deux types d'effort [Aptel, 1988] : l'effort requis, qui est l'effort nécessaire à l'activation de la commande, à différencier de l'effort produit, qui est la force résultante, exercée par l'homme, qui s'applique sur le dispositif de commande bimanuelle.

Il est alors impossible de conclure a priori sur l'effort exercé par un opérateur lors de l'utilisation des commandes bimanuelles. L'effort requis, défini par des normes européennes [NF EN 894-3. 08/2000], est en général relativement faible, de l'ordre de 10 Newtons. Cependant l'effort produit est jusqu'ici inconnu et nécessiterait, pour être analysé, une analyse biomécanique en laboratoire. Ces analyses ne peuvent avoir lieu que si les conditions d'utilisation des commandes bimanuelles sont bien définies. Il est donc nécessaire d'effectuer une étude ergonomique afin d'analyser le cadre d'utilisation des commandes bimanuelles. Bien que les études en laboratoires fournissent de précieuses informations, celles-ci seraient bien insuffisantes dans le cadre de cette étude. Il faut dans un premier temps, comprendre si les commandes bimanuelles sont susceptibles d'engendrer des TMS et dans un deuxième temps, il faudra analyser les conditions dans lesquelles ce facteur de risque devient important.

Concernant la répétitivité, elle est identique pour toutes les activités du cycle de travail et n'est donc pas spécifique à l'utilisation des commandes bimanuelles. Cependant, elle représente une part importante dans l'apparition des TMS et ne peut être négligée lors de l'analyse de l'activité.

Enfin, l'analyse des positions articulaires est aussi pertinente car elle permet de souligner l'influence du dimensionnement du poste de travail et du positionnement des commandes bimanuelles. De plus, les différents types de commandes bimanuelles pourront être comparés en termes de postures adoptées.

Par ailleurs, le contexte de travail (organisation du travail, stress, facteurs psychosociaux...) représente une part non négligeable dans l'apparition des TMS. N'étant pas spécifique à l'utilisation des commandes bimanuelles, son analyse sera effectuée brièvement afin de pouvoir caractériser ce facteur de risque.

Partie 3 : Protocole et méthode

A partir des objectifs décrits (cf. partie 1 § 3), l'intervention en entreprise sera composée de différentes phases permettant de caractériser l'utilisation des commandes bimanuelles et d'analyser les facteurs de risque de TMS liés à cette activité (cf. schématisation de la chronologie d'intervention - annexe 3).

Pour des raisons purement stratégiques et pour mener à bien l'étude, la présentation de l'intervention en entreprise n'abordera pas la problématique TMS. Les entreprises concernées par l'étude sont déjà sensibilisées au sujet des TMS et évoquer ces pathologies lors de l'étude pourrait présenter un biais. L'étude consistant à vérifier la relation entre les TMS et les commandes bimanuelles, il ne serait pas judicieux d'induire un préjugé au terrain d'étude.

1. Phase 1 de l'intervention

La première phase de l'intervention consiste à rencontrer les dirigeants de l'entreprise afin de leur exposer l'objet de l'étude (cf. support de présentation de l'étude en entreprise – annexe 4). Cette présentation rendra compte des objectifs de l'étude, des moyens nécessaires et des modalités d'intervention. Cette phase consiste donc à obtenir l'accord de la direction pour conduire l'étude. De plus, cette phase constitue également une première découverte de l'entreprise, ainsi que des postes concernés par l'utilisation des commandes bimanuelles.

2. Phase 2 de l'intervention

Cette seconde phase a pour objectif de connaître l'entreprise, de présenter l'étude aux opérateurs et enfin d'obtenir des données préalables à l'étude concernant l'activité de travail.

Après avoir présenté l'étude aux dirigeants, la découverte de l'entreprise et de son fonctionnement est une priorité. Pour répondre à cet objectif, des entretiens seront conduits avec les différents acteurs de l'entreprise : le service des ressources humaines, le service de production, la maîtrise, le service qualité, le service sécurité et le service de médecine du travail. Ces entretiens permettront d'obtenir une connaissance globale de l'entreprise et de la population salariée. L'ensemble des échanges se déroulera sous forme d'entretiens semi-dirigés (cf. grilles d'entretiens – annexe 5).

L'étude sera ensuite présentée aux opérateurs afin de leur préciser les modalités de l'intervention. Cette présentation sera effectuée à proximité du poste de travail, de manière collective ou individuelle.

Les acteurs de l'entreprise étant informés de l'étude, il est désormais possible de conduire les premières observations sur le terrain. La découverte des situations de travail s'effectuera par des observations rapides de l'activité de l'opérateur. Il s'agira d'analyser en quoi consiste l'activité de travail à travers l'observation des différentes opérations effectuées par le salarié. Ces observations permettront également d'instaurer un climat de confiance et de répondre aux éventuelles questions posées par les opérateurs sur le projet.

Les observations seront ensuite menées avec une grille d'analyse (cf. grilles d'observation - annexe 6) permettant de relever les différentes postures adoptées par l'opérateur au cours de son travail ainsi que les dimensionnements du poste.

3. Phase 3 de l'intervention

Après avoir validé la pertinence des outils de cette phase grâce aux premières observations, l'étude va consister en une analyse plus spécifique de l'activité de travail. Pour ce faire cette phase sera composée d'observations au poste de travail, d'entretiens avec les opérateurs et de l'évaluation des facteurs biomécaniques.

L'analyse de l'activité sera effectuée par observation directe et différée, l'utilisation de la vidéo permettant notamment de mesurer les temps de cycles et la durée des différentes opérations. Cette analyse sera complétée par l'enregistrement de la chronique d'activité grâce au logiciel Actogram®. Cet outil permettra de préciser la chronologie des événements ainsi que le temps d'utilisation des commandes bimanuelles. L'emplacement des commandes bimanuelles sera également relevé ainsi que les caractéristiques physiques des commandes, à savoir, leur forme, leur taille, leur revêtement...

Les opérateurs sont ensuite reçus individuellement en entretiens semi-dirigés d'une durée d'une heure. Le questionnaire utilisé lors de cet entretien comporte 113 questions (fermées et ouvertes) abordant différents thèmes permettant de connaître les déterminants du travail, l'activité de travail de l'opérateur à travers sa perception, et de comprendre les conditions d'utilisation des commandes bimanuelles et leurs déterminants. Le questionnaire a été élaboré à partir des connaissances issues de la revue de la littérature sur les TMS et les commandes bimanuelles (cf. questionnaire - annexe 7).

Une première partie permettra de connaître les caractéristiques personnelles et professionnelles de la population étudiée (age, sexe, expérience...).

Une seconde partie sera dédiée à l'aspect santé, et permettra d'effectuer un relevé des douleurs [St-Vincent et coll., 1998].

Le stress et les facteurs psychosociaux feront l'objet d'une troisième partie du questionnaire.

Afin d'avoir un aperçu du niveau de stress des salariés, 8 questions sur 18 ont été sélectionnées pour cette partie à partir du questionnaire LBE de l'INRS. Chaque item initial du questionnaire LBE a été conservé afin de couvrir l'étendue des symptômes de stress.

Le traitement des résultats se fera sur la même base que l'outil initial : une valeur de score au moins égale à 17 représente une majorité de réponses autres que jamais ou rarement dans ce score [Aptel et coll., 2000a].

Les symptômes de stress sont regroupés en 4 items :

- Problèmes cardio-vasculaires
- Angoisse
- Problèmes gastro-intestinaux
- Anxiété

Pour l'évaluation des facteurs psychosociaux, le questionnaire de Karasek a été choisi pour sa facilité de compréhension. Le traitement des résultats peut se faire sous la même forme que celle utilisée pour le questionnaire de Carayon : un score supérieur à 50 sur 100 traduit une perception négative des facteurs psychosociaux. [Aptel et coll., 2000a]

Les facteurs psychosociaux sont regroupés en 3 items :

- Latitude décisionnelle
- Demandes psychologiques
- Soutien social

Enfin, le questionnaire aborde le poste de travail, et plus spécifiquement les conditions d'utilisation des commandes bimanuelles.

Le vécu du travail sera évalué au moyen de diverses questions qui renseigneront sur la perception que le salarié a de son travail. Il s'agira également d'évaluer les facteurs de risque de TMS (force, répétitivité, positions articulaires) à partir des points de vues des opérateurs.

Une partie permettra d'aborder l'activité de travail dans son ensemble afin de cerner les principaux problèmes présents au poste. Ces questions ouvertes permettent de ne pas influencer les réponses de l'opérateur et de comprendre si l'utilisation des commandes bimanuelles est une source de difficulté a priori. Enfin le recueil de suggestions d'amélioration peut être à la fois une source d'informations et d'idées pour l'entreprise, mais peut également permettre de mieux comprendre les aspects difficiles de l'activité de travail.

Les questions sur les conditions d'utilisation des commandes bimanuelles vont permettre de comprendre comment sont utilisés les dispositifs de commandes, en termes de temps et de geste effectué. Les types de commandes bimanuelles déjà utilisés seront recensés afin de connaître la perception des opérateurs vis à vis des différents modèles.

L'évaluation des facteurs biomécaniques (force, répétitivité et positions articulaires) est faite avec OREGGE (Outil de Repérage et d'Evaluation des GEstes) [Aptel et coll., 2000b, 2000c]. L'objectif de cet outil dans cette démarche est de comparer l'utilisation des commandes bimanuelles à d'autres actions du cycle de travail. Il sera alors possible de replacer les commandes bimanuelles dans un contexte général de travail où les actions les plus sollicitantes auront été évaluées et comparées en termes de coût pour la santé des opérateurs.

Partie 4 : Résultats

1. Cadre de l'intervention - Présentation des terrains d'étude

L'étude a été conduite dans deux entreprises.

1.1 Présentation de l'entreprise A

L'entreprise A conçoit, industrialise et produit les protections différentielles, en particulier les disjoncteurs différentiels, les blocs Vigi adaptables, et les prises différentielles. En interrompant l'alimentation dans toutes les situations dangereuses, la protection différentielle assure une meilleure sécurité des personnes et des biens.

L'effectif de l'entreprise est de 552 dont 15 intérimaires. La population embauchée en Contrat à Durée Indéterminée est composée de 360 femmes et de 177 hommes. La moyenne d'âge est de 42 ans et l'ancienneté moyenne de 18 ans (chiffres au 31 mars 2004).

1.2 Présentation de l'entreprise B

L'entreprise B fabrique des rétroviseurs intérieurs et extérieurs pour voitures, véhicules utilitaires, poids lourds, véhicules agricoles, engins de travaux publics, équipements de levage et de manutention ainsi que des systèmes pour le lavage des glaces et des optiques de phares et des systèmes de circulation d'air.

L'effectif de l'entreprise est de 211 dont 56 intérimaires. La population embauchée en Contrat à Durée Indéterminée est composée de 100 femmes et de 55 hommes. La moyenne d'âge est de 40 ans et l'ancienneté moyenne de 13 ans (chiffres au 31 mars 2004).

2. Population

L'étude concerne 12 opérateurs répartis dans les deux entreprises étudiées (8 personnes de l'entreprise A et 4 personnes de l'entreprise B).

Le questionnaire a donc été soumis aux 12 opérateurs concernés par l'étude. Le taux de réponse aux questions est de 97%. Les principales caractéristiques de la population sont présentées dans le tableau I.

	Age (ans)	Taille (cm)	Poids (kg)	Ancienneté entreprise (ans)	Ancienneté poste (ans)
Moyenne	41,0	162,8	66,9	14,5	2,8
Ecart type	8,1	6,3	10,5	12,3	3,6

Tableau I : Caractéristiques de la population étudiée (n = 12)

L'étude concerne 10 femmes et 2 hommes, dont 11 sont droitiers. La moitié des sujets interrogés portent des verres correcteurs. Huit opérateurs sont en contrat à durée indéterminée et 4 sont intérimaires (l'ancienneté minimale au poste est de 4 mois).

Neuf opérateurs sont polyvalents, les rotations sont effectuées principalement une fois par semaine (pour 7 d'entre eux ; 2 sujets étant soumis à des rotations toutes les deux heures). Sept sujets ont des activités sportives occasionnelles (4 sujets) ou régulières (3 sujets). Tous les sujets travaillent d'équipe en 2x8 heures (de 5h à 13h et de 13h à 21h).

3. Douleurs et plaintes

Le relevé des plaintes effectué lors des entretiens est présenté dans le tableau II. La localisation et la représentation graphique des plaintes recensées sont présentées par la figure 4.

Entreprise A								
	épaules	dos	poignets	cou	doigts	genoux	coudes	total
Nombre de plaintes CDI	5	5	4	2	2	1	1	20
Nombre de plaintes intérimaires	0	2	0	0	0	0	0	2
Nombre de plaintes total	5	7	4	2	2	1	1	22
Entreprise B								
	épaules	dos	poignets	cou	doigts	genoux	coudes	total
Nombre de plaintes CDI	0	1	1	0	0	0	0	2
Nombre de plaintes intérimaires	1	1	0	0	0	0	0	2
Nombre de plaintes total	1	2	1	0	0	0	0	4
GLOBAL								
	épaules	dos	poignets	cou	doigts	genoux	coudes	total
Nombre de plaintes CDI	5	6	5	2	2	1	1	22
Nombre de plaintes intérimaires	1	3	0	0	0	0	0	4
Nombre de plaintes total	6	9	5	2	2	1	1	26

Tableau II : Relevé des plaintes auprès de 12 opérateurs des entreprises A et B

Au total, 26 plaintes ont été recensées pour 12 sujets interrogés. Ces 26 plaintes ont été exprimées par 9 sujets. Il y a donc 3 sujets n'exprimant aucune plainte (cf. figure 5). Deux sujets expriment une seule plainte. Il y a donc 7 sujets qui déclarent plusieurs douleurs (24 plaintes pour 7 sujets). L'expression de polyplaintes rejoint celles observées classiquement dans les problématiques TMS [Gerling et coll., 2002].

Sur les 26 plaintes recensées, quatre seulement ont été exprimées par les intérimaires. Lors de l'intervention, un échange avec plusieurs d'entre elles a révélé que les plaintes exprimées par cette population étaient souvent sous estimées. En effet, le souhait d'être embauché définitivement dans l'entreprise ne permet pas la libre expression des douleurs ressenties.

Le nombre de plaintes concernant le dos est important mais rejoint celui qui est habituellement relevé dans la population générale. Le même constat peut être fait pour les douleurs aux poignets. En revanche le chiffre des douleurs aux épaules est élevé par rapport à

ce qui est communément relevé dans la population générale. A la vue de ces scores, le nombre de plaintes du dos, des poignets et des épaules reflète une population à « tendance TMS ». Le résultat ne peut cependant pas faire l'objet d'une généralisation à l'ensemble des deux entreprises concernées, ni d'affirmer que ces plaintes sont d'origines professionnelles, du fait de la faiblesse de l'échantillon étudié.

Concernant les soins délivrés pour des douleurs de type TMS, 5 sujets sur les 12 interrogés déclarent avoir déjà consulté un médecin, un kinésithérapeute ou un spécialiste à propos des douleurs ressenties.

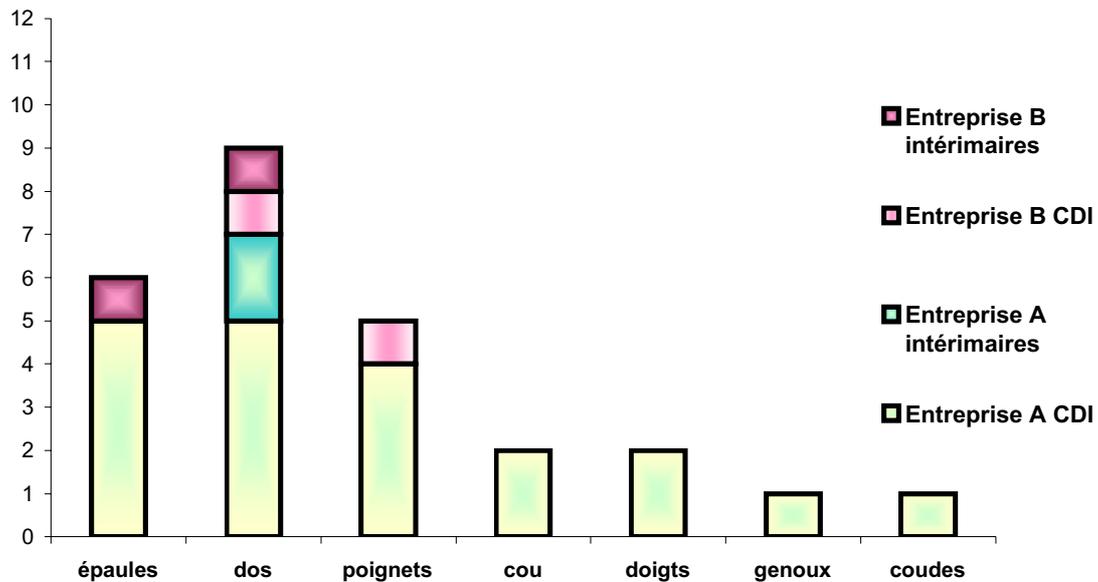


Figure 4 : Localisation et nombre de plaintes des sujets interrogés des deux entreprises (n=12)

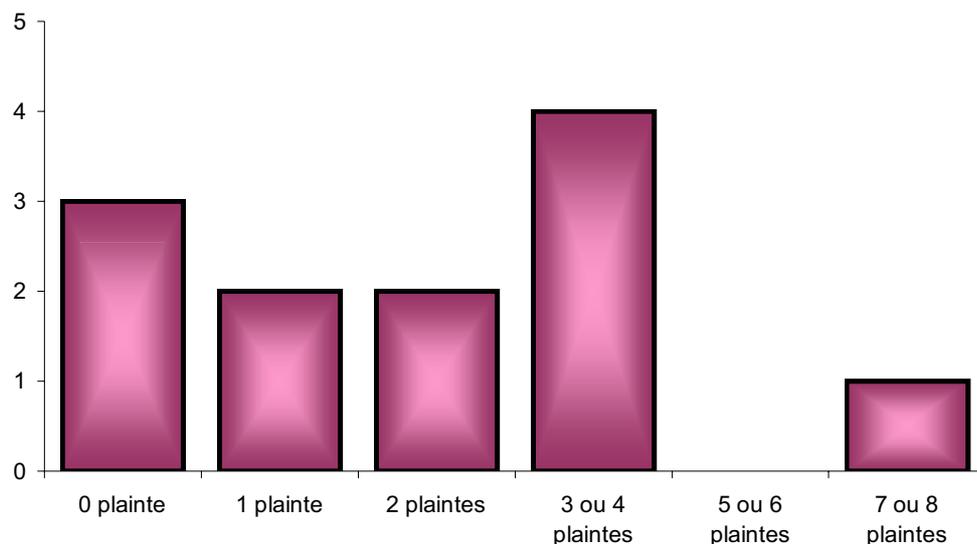


Figure 5 : Nombre de plaintes exprimées par sujets (n=12)

4. Stress et facteurs psychosociaux

4.1 Stress

Les résultats de l'évaluation des symptômes de stress sont présentés dans le tableau III.

	Problèmes cardio-vasculaires	Angoisse	Problèmes gastro-intestinaux	Anxiété	Score global stress
Score sur 100	8,3	27,6	15,2	24,9	20,7
écart type	20,5	34,2	29,3	35,6	19,0

Tableau III : Scores obtenus lors de l'évaluation des symptômes de stress

Une valeur de score au moins égale à 17 représente une majorité de réponses autres que jamais ou rarement. Concernant l'échantillon interrogé, six sujets sur les 12 obtiennent une valeur de score global supérieure à 17, ce sont uniquement des femmes. Cinq des 6 sujets qui ont un score supérieur à 17 travaillent dans la même entreprise (Entreprise A).

Les valeurs élevées des écarts types ne semblent pas pouvoir s'expliquer par les caractéristiques de la population (sexe, âge, entreprise concernée, expérience, polyvalence, type de contrat...). Le type de commandes bimanuelles utilisé n'expliquant pas non plus cette répartition des scores, seule la variation inter individuelle peut justifier, en l'état, la dispersion des scores obtenus.

4.2 Facteurs psychosociaux

Les résultats de l'évaluation des facteurs psychosociaux sont présentés dans le tableau IV. Une valeur proche de 0 reflète une appréciation positive des facteurs psychosociaux, alors qu'une valeur égale à 100 indique une perception négative des items.

On constate que les écarts types obtenus sont relativement faibles, ce qui permet l'interprétation des résultats par leur moyenne respective. Cependant, les scores obtenus pour les deux items « latitude décisionnelle » et « demandes psychologiques » sont très proches de la moyenne (50/100) et ne permettent donc pas de conclure sur ces facteurs psychosociaux. En revanche, même si l'écart type obtenu pour l'item « soutien social » est un peu plus élevé, le score obtenu montre que le soutien social dans les deux entreprises est plutôt satisfaisant.

	Latitude décisionnelle	Demandes psychologiques	Soutien social
Score sur 100	53,1	42,6	30,6
écart type	15,4	15,3	19,2

Tableau IV : Scores obtenus pour l'évaluation des facteurs psychosociaux

5. Analyse ergonomique

L'analyse ergonomique a consisté en des observations au poste de travail, menées à l'aide de divers outils (cf. partie 3). Pour la présentation des résultats obtenus, l'activité de travail globale sera décrite en premier afin de présenter ensuite plus spécifiquement l'utilisation des commandes bimanuelles au sein de cette activité globale.

5.1 Activité de travail globale

5.1.1 Postes étudiés - Observations libres et vidéo : Activité globale

Au total, sept postes ont été étudiés (4 postes dans l'entreprise B et 3 postes dans l'entreprise A). Douze personnes étaient concernées par les observations. Les premières visites au poste de travail ont principalement permis de répondre aux questions des opérateurs sur l'objectif du projet et d'instaurer un climat de confiance. Les observations menées à l'aide de grilles (cf. grilles d'observations - annexe 6) ont permis de relever rapidement les postures adoptées au cours du travail, et d'effectuer des relevés dimensionnels du poste de travail et de l'emplacement des commandes bimanuelles. La description du travail réel a permis de cerner l'activité de l'opérateur et de préparer ainsi les étapes suivantes des observations. En effet, l'utilisation de la vidéo, mais également d'OREGE ou de l'enregistreur de chronique d'activité ne pouvait se faire sans avoir préalablement analysé l'activité de travail par des observations libres. Les observations à l'aide de la vidéo ont principalement permis de relever précisément les postures adoptées au cours de l'activité de travail, et ainsi de repérer les actions entraînant l'adoption des positions articulaires les plus contraignantes.

La description du travail réel a également permis de noter les différences avec le travail prescrit. Selon l'entreprise, le travail prescrit est plus ou moins explicite. Dans l'entreprise B, seules des gammes d'assemblage peu précises décrivent le travail à effectuer. A l'inverse, dans l'entreprise A, le travail prescrit est décrit à la fois par les gammes d'assemblage, les fiches de postes, les modes opératoires et les instructions de maintenance. De nombreuses différences entre le prescrit et le réel sont observées. Ces différences varient en fonction du poste observé et de l'opérateur mais certains écarts au prescrit se retrouvent à tous les postes. A titre d'exemple, quelques-unes des différences observées au poste vrillage diode sont présentées dans le tableau V.

Travail prescrit	Travail réel
Port des lunettes et des gants obligatoires pour certaines interventions de maintenance sur la machine	Port des Equipements de Protection Individuelle peu respecté
Gestes des mains droites et gauches prescrits	Non-respect des prescriptions concernant la latéralité des gestes à effectuer
Utilisation des commandes bimanuelles avec les pouces	Utilisation des commandes bimanuelles variable selon les opérateurs (pouces, index, majeurs ou plusieurs doigts combinés)
Saisie et orientation de la diode avec une seule main	Orientation de la diode à deux mains (peu réalisable avec une seule main !)
Positionner la 1 ^{ere} puis la 2 ^e patte de la diode et lâcher	Positionnement des deux pattes en même temps et appui sur le dessus de la diode pour bien la positionner dans l’empreinte
Saisie des fils du tore	Lissage des fils du tore (prise en pince des fils)
Ordre des actions prescrit	Non-respect de l’ordre des tâches à effectuer
Positionner le relais sur l’empreinte	Le plus souvent le relais est uniquement posé sur l’empreinte, et non pas positionné
Attendre la fin du wrapping pour ouvrir la poignée du wrapper	Délai pas toujours respecté, entraînant parfois des ratés (les commandes bimanuelles ne déclenchent pas la rotation du plateau de la machine si le wrapping a été trop court)

Tableau V : Quelques différences entre travail prescrit et travail réel observées au poste de vrillage diode

Des différences entre le prescrit et le réel ont également été relevées aux autres postes, notamment en ce qui concerne le temps alloué à chaque tâche et au travail dans son ensemble. En règle générale, les écarts observés sont dus à une volonté de travailler plus efficacement, notamment en termes de temps et de qualité.

5.1.2 Vécu du travail : Activité globale

Les tableaux VI et VII présentent les résultats moyens concernant l’évaluation du vécu du travail.

Le tableau VI présente les résultats dont les écarts types sont relativement faibles. Les moyennes qui figurent dans ce tableau peuvent donc être interprétées en tant que telles. En revanche, les écarts types présentés dans le tableau VII montrent que les résultats obtenus sont dispersés dans la population. Pour les items ne pouvant pas être interprétés par leur moyenne respective, le traitement des données s’est fait sous une autre forme. Ces résultats sont présentés dans le tableau VIII. Chaque item étant évalué sur 100, les effectifs répondants ont été répartis par classes de 0 à 25, de 26 à 50, de 51 à 75 et de 76 à 100. Deux items (Contrainte de temps et Force musculaire) ont fait l’objet des deux traitements car leur écart type ne permettait pas de conclure définitivement à partir des moyennes. La signification des scores obtenus est figurée dans le tableau IX.

	Complexité du travail	Gestes répétitifs	Cadence	Force musculaire
Score sur 100	27,5	85,5	75,7	38,3
écart type	25,2	13,9	19,9	23,4

Tableau VI : Evaluation du vécu du travail (items 1 à 4)

	Mouvements fins et précis	Fatigue musculaire	Contrainte de temps	Travail intéressant
Score sur 100	58,0	57,4	52,4	53,3
écart type	34,8	28,3	30,8	35,2

Tableau VII : Evaluation du vécu du travail (items 5 à 8)

Classes de scores	Contrainte de temps	Force musculaire	Mouvements fins et précis	Fatigue musculaire	Travail intéressant	Complexité du travail
0-25	4	5	3	2	3	8
26-50	2	2	1	1	4	2
51-75	3	4	3	5	1	1
76-100	3	1	5	4	4	1
Total	12	12	12	12	12	12

Tableau VIII : Evaluation du vécu du travail – répartition des effectifs par classes

	Valeur = 0	Valeur = 100
Travail intéressant	Pas du tout	Très
Complexité du travail	Faible	Forte
Contrainte de temps	Inexistante	Insupportable
Gestes répétitifs	Pas du tout	Très
Cadence	Lente	Très rapide
Force musculaire	Faible	Très grande
Mouvements fins et précis	Pas du tout	Très
Fatigue musculaire	Inexistante	Très forte

Tableau IX : Signification des scores lors de l'évaluation du vécu du travail

Pour l'évaluation de la fatigue musculaire, si on retire les questionnaires remplis par les intérimaires, on obtient une moyenne de 70,3 ($\pm 20,7$). La population intérimaire déclare donc ne pas éprouver de fatigue musculaire à la fin de la journée, alors que la population embauchée affirme ressentir une fatigue chaque soir. Les réponses des intérimaires provoquent donc une diminution de la valeur obtenue pour l'évaluation de la fatigue musculaire et une augmentation de l'écart type.

Les moyennes de score les plus concluantes concernent les gestes effectués lors du travail, vécus comme très répétitifs, et la cadence, jugée plutôt rapide.

L'évaluation de la contrainte de temps révèle un score moyen ne permettant pas de conclure sur cette variable du vécu du travail. La répartition des effectifs par classes concernant cet item ne fournit pas d'information complémentaire sur la variabilité observée. Ce constat permet uniquement de confirmer la variabilité inter individuelle déjà suspectée.

La force musculaire requise, évaluée comme plutôt faible dans l'ensemble, est différemment appréciée selon les sujets interrogés. En effet, lors de la répartition des effectifs par classes pour cet item, on constate une bimodalité des réponses. Cette bimodalité ne s'explique pas par les variables suivantes : sexe, âge, entreprise concernée, expérience, polyvalence, type de contrat, type de commandes bimanuelles... A nouveau, on constate une variabilité des réponses qui ne peut s'expliquer par les variables étudiées. Il est donc prudent d'en conclure que soit, ces variabilités s'expliquent par une variable que l'étude n'a pas permis de relever, soit elles s'expliquent simplement par la variabilité inter individuelle énoncé dans de nombreuses études antérieures [Gerling et coll., 2002]. L'évaluation de la précision des mouvements effectués montre que 8 sujets considèrent les gestes effectués comme précis et fins (scores supérieurs à 50/100). Concernant la fatigue musculaire, 9 opérateurs considèrent qu'elle est importante (scores supérieurs à 50/100) après leur travail. Une majorité de sujets considère le travail comme peu complexe (10 sujets notent cet item à moins de 50 / 100 dont 8 attribuent un score inférieur à 26/100). Enfin une question concernant l'encombrement du poste de travail montre que les opérateurs considèrent leur poste comme peu encombré (score de 45/100, écart type de 29).

5.1.3 OREGÉ : Activité globale

Sept sujets ont fait l'objet d'une cotation OREGÉ ; cinq d'entre eux occupaient le même poste de travail (poste de vrillage diode).

Chaque poste a été observé afin de pouvoir déterminer les actions à étudier avec OREGÉ. Quatre actions ont été choisies pour chaque poste de travail (cf. tableau X). L'objectif de l'étude concernant les commandes bimanuelles, cette action a automatiquement été choisie. Les trois autres actions ont été choisies en fonction de l'effort nécessaire à fournir, évalué a priori lors des observations libres. Les observations menées au poste de travail ont permis de choisir deux actions, pour lesquelles l'effort à fournir, a été évalué, a priori, comme important. Une autre action a été choisie lors de la cotation OREGÉ car elle a été estimée, a priori, comme peu contraignante. Le choix de ces actions se justifie par l'objectif de l'utilisation d'OREGÉ dans cette étude qui est de comparer l'utilisation des commandes bimanuelles à d'autres actions du cycle de travail.

La comparaison des actions en termes d'efforts et de positions articulaires sera effectuée dans la partie spécifique à l'utilisation des commandes bimanuelles (cf. partie 4 § 5.2.3).

Pour cette partie, nous nous intéressons à l'activité de travail dans sa globalité. OREGÉ va donc permettre de caractériser les activités étudiées en termes d'efforts produits, de positions articulaires et de répétitivité.

Actions	Poste vrillage diode	Poste vrillage diode et résistance	Poste cambrage connexions
1	Commandes bimanuelles	Commandes bimanuelles	Commandes bimanuelles
2	Pose de la diode sur le support	Pose de la diode sur le support	Précambuage des connexions
3	Wrapping (vrillage)	Wrapping (vrillage)	insertion des connexions dans le tore
4	Pose du tore sur le support	Pose du tore sur le support	Pose du tore sur le support

Tableau X : Description des actions évaluées avec OREGÉ

Les résultats de la cotation OREGÉ sont présentés dans le tableau XI.

On constate tout d'abord que la répétitivité est élevée à tous les postes analysés. Les postes observés sont donc à l'origine de mouvements réguliers et rapides des membres supérieurs et les pauses gestuelles restent occasionnelles voire inexistantes. En revanche, la présence d'efforts élevés et de positions articulaires extrêmes varie en fonction du poste et de l'opérateur étudié. Cependant, tous les postes combinent, au moins pour une des quatre actions évaluées, les trois facteurs de risque de TMS. Certaines actions demandent un effort très important, engendrant un risque de TMS non négligeable. La pose de la diode (poste de vrillage diode et vrillage diode – résistance), nécessitant une prise en pince précise et minutieuse, est une action très contraignante d'un point de vue de l'effort à fournir.

En ce qui concerne les postures contraignantes, les articulations concernées sont principalement les épaules et les poignets (cf. Photographies illustrant des positions articulaires extrêmes – annexe 8). Concernant les postes vrillage diode et vrillage diode – résistance, l'action la plus contraignante d'un point de vue postural est le wrapping (vrillage). Lors de cette action, le poignet est le plus souvent en extension combinée à un mouvement de pronosupination, et l'épaule est souvent en adduction. Pour le sujet 6, la cotation de la position articulaire lors de l'utilisation des commandes bimanuelles à 3 correspond à une rétroimpulsion de l'épaule (cf. photo 1).

Sujet	effort				position articulaire				répétitivité
	commandes bimanuelles	pose diode ou précabrage	wrapping ou insertion connexions	pose tore	commandes bimanuelles	pose diode ou précabrage	wrapping ou insertion connexions	pose tore	
1	5	9	4	1	1	2	3	2	8
2	4	8	6	1	2	2	3	2	8
3	3	8	9	4	1	2	3	2	9
4	0,5	5	3	1	2	2	2	2	8
5	2	6	4	1	2	2	2	2	8
6	2	3	6	7	3	2	3	2	9
7	4	7	1	5	1	3	2	2	8
moyenne	2,9	6,6	4,7	2,9					
écart type	1,5	2,1	2,6	2,5					

Tableau XI : cotation OREGÉ des postes de vrillage diode, vrillage diode et résistance et cambrage connexion

5.1.4 Chronique d'activité : Activité globale

L'utilisation d'Actogram® a permis de mettre en évidence les différences inter individuelles en termes de rythme de travail. On constate en effet dans le tableau XII, que les temps de cycles pour un même travail sont parfois très différents. Pour un même poste (vrillage diode) le temps de cycle réel varie entre 14 et 23 secondes selon les sujets observés. On remarque qu'un seul sujet dépasse le temps prévu par les gammes. Mais il n'est pas inutile de préciser que ces données doivent être relativisées car le rythme de travail peut être non négligemment influencé par la présence d'une tierce personne (effet expérimentateur). Après avoir calculé la différence entre le temps de cycle théorique (déduit des gammes d'assemblage) et le temps de cycle réel (calculé lors des observations à l'aide d'Actogram®), on constate que cette différence varie entre 33 secondes et - 3 secondes, avec en moyenne un temps de cycle réel représentant 68 % (écart type 18%) du temps de cycle théorique. Les écarts entre le temps de cycle théorique et le temps de cycle réel sont présentés par la figure 6. Pour le sujet effectuant un temps de cycle de 14 secondes alors que 30 secondes sont dédiées à son travail, l'objectif pourrait être doublé. Cependant, lors des observations, la totalité des opératrices ont affirmé ne pas dépasser l'objectif journalier. En effet, l'avance qu'elles accumulent leur permet de prendre des pauses supplémentaires, au poste de travail, le plus souvent en fin de poste. Cette organisation du rythme de travail permet également de répondre aux aléas de production, comme par exemple la présence de défauts des pièces entrantes ou sortantes. Enfin, précisons que cet écart entre le temps alloué en théorie et le temps de production réel est classiquement observé dans les études ergonomiques.

Sujet	Poste	Temps de cycle théorique (en s)	Temps de cycle réel (en s)	Ecart entre les temps de cycle (Théorique - Réel)	Temps de cycle théorique utilisé (en %)
1	Presse	59	46	13	78
2	Vissage	59	49	10	83
3	Inserts	14	6	8	43
3	Têtes	65	41	24	64
4	Têtes		32	33	49
5	Vrillage diode	30	21	9	70
6	Vrillage diode		23	7	77
7	Vrillage diode		20	10	67
8	Vrillage diode		20	10	67
9	Vrillage diode		14	16	47
10	Vrillage diode		19	11	63
11	Vrillage diode - résistance	22	25	- 3	114
12	Cambrage connexions	35	22	13	63

Tableau XII : Temps de cycles réels et théoriques des postes observés

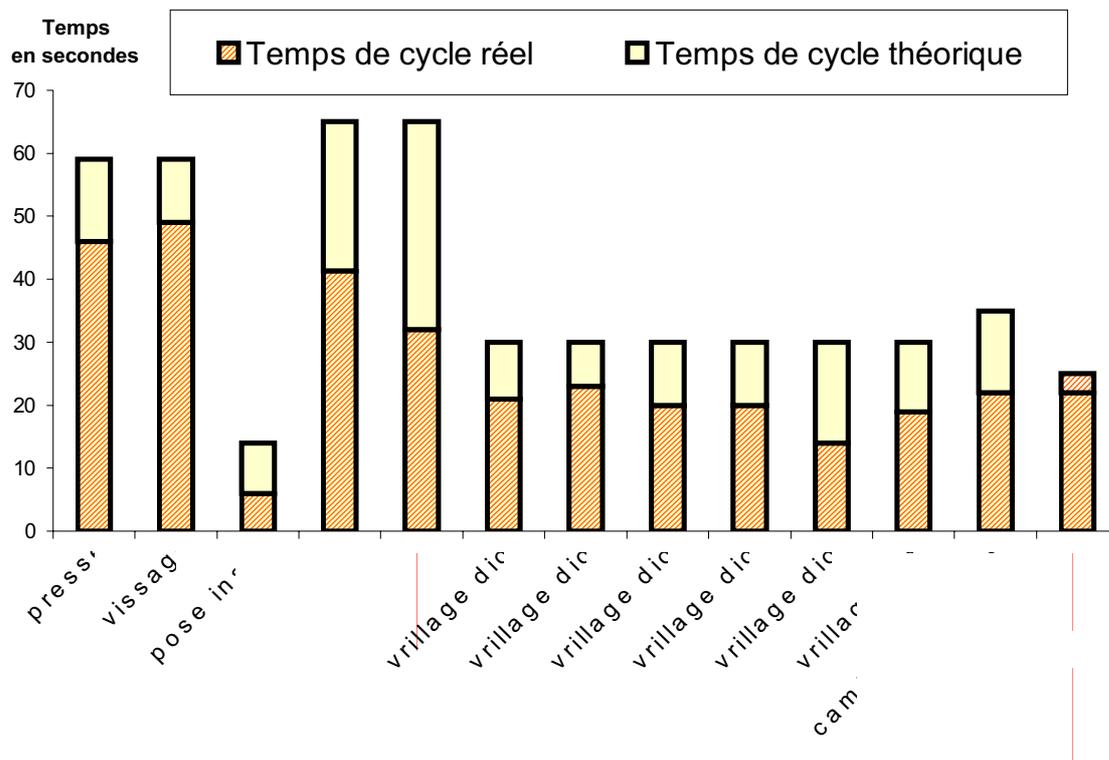


Figure 6 : Temps de cycles réels et théoriques des postes observés



Photo 1 : Utilisation des commandes bimanuelles au poste de vrillage diode et résistance (rétropulsion des épaules)

Photo 2: Poste des divers (distance entre les commandes bimanuelles > 100 cm)



5.2 Utilisation des commandes bimanuelles dans l'activité de travail

5.2.1 Observations libres et vidéo : commandes bimanuelles

Les relevés dimensionnels et les observations effectués au poste de travail montrent une grande diversité de positionnement des commandes bimanuelles. Ces relevés sont présentés dans le tableau XIII. La hauteur du pupitre des commandes bimanuelles varie de 74 cm à 103 cm. Précisons que ces pupitres ne sont pas ajustables en hauteur. La distance entre les deux organes de commandes varie de 19 cm à 46 cm, mais lors des observations, des distances supérieures à 100 cm entre les deux boutons poussoirs ont pu être observées (cf. photo 2).

La recherche bibliographique sur les commandes bimanuelles avait fait ressortir un type unique de commandes bimanuelles mécaniques (cf. photos 3), cependant, lors des observations, aucune de ces commandes bimanuelles n'a pu être observée. En effet, la majorité des commandes bimanuelles analysées avait été fabriquée voire bricolée sur place.

Ces commandes bimanuelles artisanales sont exclusivement des commandes bimanuelles mécaniques, le type optique étant plus difficile à réaliser, les commandes de ce type proviennent d'un fabricant spécialisé. Les photos en annexe 9 illustrent la diversité des commandes bimanuelles observées dans les entreprises.

L'observation du travail réel a permis d'identifier des différences avec le travail prescrit (cf.§5.1.1). Concernant les commandes bimanuelles, ces différences sont observées dans la manière d'utiliser ces dispositifs de commandes. En effet, dans l'entreprise A, certaines gammes d'assemblage précisent que les commandes bimanuelles doivent être utilisées avec les pouces, ce qui n'est pas toujours le cas aux postes observés.



Photos 3 : Commandes bimanuelles « classiques », relevées lors de la revue bibliographique

	Type de commandes bimanuelles	Hauteur pupitre des commandes bimanuelles	Distance entre les deux organes de commandes	Diamètre des organes de commandes	Champ de course des organes de commandes
Relevés dimensionnels des postes étudiés					
Poste 1 – presse	Mécaniques	<i>74 cm</i>	24 cm	<i>4 cm</i>	<i>1 cm</i>
Poste 2 – têtes		77 cm	25 cm	4 cm	<i>0.5 cm</i>
Poste 3 – inserts		93 cm	26 cm	4 cm	0.5 cm
Poste 4 - vissage		95 cm	27 cm	<i>2.5 cm</i>	0.5 cm
Poste 5 – cambrage connexions		92 cm	38 cm	3.5 cm	1 cm
Poste 6 – vrillage diode	Optiques	100 cm	<i>46 cm</i>	Non concerné	Non concerné
Poste 7 – vrillage diode résistance		<i>103 cm</i>	35 cm	Non concerné	Non concerné
Autres relevés dimensionnels effectués					
Poste A – D2 gauche - presse	Mécaniques	89 cm	<i>19 cm</i>	2.5 cm	0.5 cm
Poste B – étamage tore	Optiques	98 cm	43 cm	Non concerné	Non concerné

Les valeurs extrêmes sont présentées en italique.

Tableau XIII : Positionnement des commandes bimanuelles - relevés dimensionnels

5.2.2 Vécu de l'utilisation des commandes bimanuelles

L'évaluation du vécu de l'utilisation des commandes bimanuelles (cf. tableau XIV et figure 7) montre que les opérateurs sont globalement satisfaits de ce dispositif de commandes. Cependant les écarts types obtenus sont relativement importants et montrent que certains sujets sont insatisfaits des commandes bimanuelles.

Les résultats obtenus se rapprochent de ceux obtenus dans d'autres enquêtes de ce type [Claudon et coll., 2000]. En effet, les opérateurs sont globalement satisfaits de leurs outils de travail. Les opérateurs ne semblent pas pouvoir imaginer comment les commandes pourraient être améliorées.

Malgré un sentiment général de satisfaction, les écarts types obtenus montrent qu'une partie de la population est insatisfaite des commandes bimanuelles. Un certain nombre d'informations sur les commandes bimanuelles ont pu être obtenues lors des entretiens individuels. Les sujets insatisfaits des commandes bimanuelles évoquent différentes raisons, dont voici les principales :

- L'emplacement des commandes bimanuelles ne semble pas toujours satisfaire les opérateurs. Parfois trop hautes ou trop basses, les commandes bimanuelles posent un problème du point de vue de la gestuelle conséquemment à leur positionnement. Concernant les commandes bimanuelles optiques, leur inclinaison latérale ne semble pas convenir aux opératrices interrogées.

- La taille des boutons poussoirs (commandes bimanuelles mécaniques) est très variable d'un poste à l'autre et nécessite parfois des efforts excessifs des doigts par rapport à ceux exercés sur des organes de commandes d'une taille plus importante, où la totalité de la main peut être impliquée dans l'effort à fournir.
- Concernant les commandes bimanuelles optiques, plusieurs opératrices ont rapporté que le système optique comportait le désavantage de ne pas bien détecter la présence du ou des doigts, engendrant des dysfonctionnements ponctuels fréquents. Certaines ont même ajouté préférer les commandes bimanuelles mécaniques pour leur fiabilité de fonctionnement.
- La présence d'un capot de protection, sur les commandes bimanuelles optiques, semble gêner les opératrices pour atteindre les organes de commandes.
- L'activation des deux organes de commandes doit être effectuée dans un délai de 0,5 seconde. Certains opérateurs déclarent perdre parfois du temps à cause de la non-simultanéité du geste effectué qui ne permet pas le déclenchement du cycle de la machine.

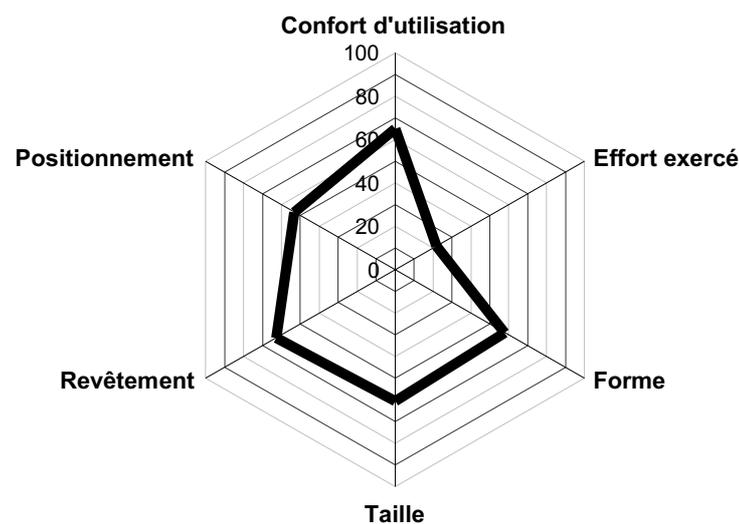


Figure 7 : Evaluation du vécu de l'utilisation des commandes bimanuelles (n=12)

	Confort d'utilisation	Effort exercé	Forme	Taille	Revêtement	Positionnement
Valeur = 0	-	+	-	-	-	-
Valeur = 100	+	-	+	+	+	+
moyenne	65,2	21,9	58,0	60,6	62,7	53,3
écart type	24,6	15,4	29,9	21,1	28,3	27,9

Symboles : - = mauvais + = bon

Tableau XIV : Evaluation du vécu de l'utilisation des commandes bimanuelles

5.2.3 OREGÉ : commandes bimanuelles

La description des actions évaluées avec OREGÉ a été précisée dans le paragraphe 5.1.3.

Pour cette partie, OREGÉ va permettre de comparer les actions en termes d'efforts et de positions articulaires. Pour faciliter l'interprétation des résultats, seuls les relevés effectués au poste de vrillage diode seront utilisés pour cette partie spécifique aux commandes bimanuelles. Qu'il s'agisse de l'évaluation des efforts ou des positions articulaires, il est important de préciser que les commandes bimanuelles utilisées au poste de vrillage diode sont de type optique. Les commentaires des résultats ne peuvent donc être transposés aux autres types de commandes bimanuelles.

Concernant les efforts produits lors de l'utilisation des commandes bimanuelles, ils ne présentent pas à eux seuls, un facteur de risque de TMS (cf. tableau XV). Cependant, il est important de souligner que lors des observations, certaines opératrices appuyaient sur les commandes bimanuelles optiques, alors que cet effort n'était pas nécessaire pour le déclenchement du signal (différence entre effort produit et effort requis : cf. Partie 2 § 2.2).

En ce qui concerne les positions articulaires, l'utilisation des commandes bimanuelles ne nécessite pas une posture très contraignante. Cependant des scores de 2/3 ont tout de même été attribués à trois reprises pour cette action lors de l'évaluation des positions articulaires avec OREGÉ. Cette cotation ne peut donc pas être négligée, mais, comparée aux autres actions du cycle de travail, on constate que cette action « commandes bimanuelles » est celle qui est la moins contraignante d'un point de vue articulaire.

Les contraintes posturales, associées à l'utilisation des commandes bimanuelles, concernent principalement les articulations des poignets (hyper extension et déviation cubitale) et les épaules (parfois, rétropulsion).

Sujet	effort					position articulaire					répétitivité
	commandes bimanuelles	pose diode	wrapping	pose tore	commandes bimanuelles	pose diode	wrapping	pose tore			
1	5	9	4	1	1	2	3	2	8		
2	4	8	6	1	2	2	3	2	8		
3	3	8	9	4	1	2	3	2	9		
4	0,5	5	3	1	2	2	2	2	8		
5	2	6	4	1	2	2	2	2	8		
moyenne	2,9	7,2	5,2	1,6							
écart type	1,7	1,6	2,4	1,3							

Tableau XV : cotation OREGÉ du poste de vrillage diode (commandes bimanuelles optiques)

5.2.4 Chronique d'activité : commandes bimanuelles

L'utilisation d'Actogram® a ici permis de relever le pourcentage de temps dédié à l'utilisation des commandes bimanuelles au cours du cycle de travail. Les résultats sont présentés dans le tableau XVI.

Sujet	Poste	Temps de cycle théorique (s)	Temps de cycle Réel (s)	Temps d'utilisation des commandes bimanuelles par rapport au temps d'observation ou au temps de cycle (en %)
1	Presse	59	46	26
2	Vissage	59	49	7
3	Inserts	14	6	18
3	Têtes	65	41	4
4	Têtes		32	4
5	Vrillage diode	30	21	7
6	Vrillage diode		23	9
7	Vrillage diode		20	8
8	Vrillage diode		20	8
9	Vrillage diode		14	11
10	Vrillage diode		19	9
11	Cambrage connexions	35	22	6
12	Vrillage diode - résistance	22	25	6

Tableau XVI : Temps d'utilisation des commandes bimanuelles en fonction des postes et des sujets observés

On observe, en règle générale, que plus le temps de cycle est faible, plus le pourcentage de temps d'utilisation des commandes bimanuelles est important. Cela est vrai lorsque l'on compare des cycles où les commandes bimanuelles sont utilisées le même nombre de fois. En effet, au poste presse, cette théorie n'est pas vérifiée car l'opérateur utilise les commandes bimanuelles 6 fois pendant le cycle de travail, alors qu'aux autres postes, le dispositif de commandes n'est utilisé qu'une seule fois par cycle. Si le cycle du poste presse est divisé en sous cycles, alors la théorie est vérifiée. La relation entre le temps de cycle et le temps d'utilisation des commandes bimanuelles par rapport au temps de cycle est statistiquement significative par le test de corrélation au seuil de 1%. La droite de régression s'écrit :

$$\text{Temps d'utilisation des commandes bimanuelles par rapport au temps de cycle réel} = \text{Tps utilisation commandes bimanuelles} = - 0.23 * \text{Temps de cycle réel} + 13,6$$

Cette relation est due au fait que le temps d'utilisation des commandes bimanuelles ne peut pas être réduit. En effet, le plus souvent, l'utilisation des commandes bimanuelles permet la mise en marche d'une machine et ces commandes sont en fait relâchées à la fin du temps de fonctionnement de la machine. On comprend alors facilement, que plus les actions sont rapides, plus l'utilisation des commandes bimanuelles occupe une place importante, en temps, dans le cycle de travail. L'utilisation des commandes bimanuelles est une action irréductible, en temps.

Partie 5 : Discussion

La présente étude avait pour objectif de caractériser l'utilisation des commandes bimanuelles en termes de facteurs de risque de TMS et de construire des pistes de réflexions concernant l'efficacité des nouveaux types de commandes bimanuelles en termes de prévention des TMS.

Les facteurs de risque directs et indirects liés à l'utilisation des commandes bimanuelles ont été identifiés et analysés. Le dispositif de commandes bimanuelles a ensuite été analysé en tant que partie intégrante de l'activité de travail globale, et il a pu ainsi faire l'objet d'une réflexion en termes de risque de TMS lié à son utilisation, non pas à part entière, mais comme un élément de l'activité de travail. Des pistes de réflexions se sont également dégagées de l'étude, concernant les nouveaux modèles de commandes bimanuelles. Suite à l'analyse ergonomique de l'utilisation des commandes bimanuelles effectuée, une nouvelle question, concernant les conditions et les déterminants de la mise en place des commandes bimanuelles sur une machine, est apparue, qu'il conviendra de prendre en compte à l'avenir.

1. Facteurs de risque liés à l'utilisation des commandes bimanuelles

1.1 Facteurs de risque biomécaniques

Les facteurs de risque biomécaniques liés spécifiquement à l'utilisation des commandes bimanuelles ont pu être analysés lors de l'étude, notamment grâce à OREGÉ.

1.1.1 Efforts

Seules les commandes bimanuelles de type optique ont fait l'objet d'une analyse OREGÉ mais déjà, on remarque la différence entre effort produit et effort requis mentionné dans l'état de l'art [Aptel, 1988]. En effet, l'analyse à l'aide d'OREGÉ et les observations ont permis de noter que l'effort produit était supérieur à l'effort requis. Les efforts lors de l'utilisation des commandes bimanuelles évalués par OREGÉ ne sont pas très élevés mais présentent cependant la particularité d'être supérieurs à ce que j'aurais pu imaginer a priori.

Concernant les commandes bimanuelles de type mécanique, bien qu'OREGÉ n'aie pas été utilisé pour l'évaluation des efforts, on a pu remarquer lors des observations que l'effort produit n'était pas négligeable, ni en soit, ni dans le contexte global de travail (cf. Partie 5 § 2).

1.1.2 Positions articulaires

Les postures adoptées lors de l'utilisation des commandes bimanuelles dépendent principalement du type de commande et du positionnement de celles-ci. Les commandes bimanuelles de type optique nécessitent l'extension d'un ou plusieurs doigts. Les conditions d'utilisation de ces commandes sont influencées par l'emplacement des commandes bimanuelles au poste de travail et déterminent les postures adoptées. De plus, pour ce type de commande, le capot de protection présente une contrainte supplémentaire pour la position des doigts et des mains, nécessitant souvent une extension du poignet pouvant être supérieure à 35° (angulation non recommandée selon OREGÉ). L'inclinaison des commandes bimanuelles optiques impose souvent une déviation cubitale des poignets, pouvant présenter un risque de TMS non négligeable.

Les postures adoptées lors de l'utilisation des commandes bimanuelles de type mécanique dépendent quasi-exclusivement de leur implantation. Ce constat rejoint celui énoncé dans la

littérature [Nemeth, 1982]. Ainsi, la diversité de positionnement des commandes bimanuelles (horizontal, vertical, incliné ou non ...) engendre une diversité des positions articulaires. Parmi les commandes bimanuelles mécaniques analysées, certaines comportant des boutons poussoirs de petite taille, la totalité de la main ne peut être alors impliquée pour l'activation des commandes, ce qui engendre l'adoption de postures contraignantes.

1.1.3 Répétitivité

De nombreuses données bibliographiques montrent que la répétitivité est un facteur de risque qui a un poids considérable dans l'apparition des TMS. Lors de l'étude, on a pu constater que la notion de répétitivité était un facteur de risque très présent lors de l'utilisation des commandes bimanuelles. Cependant, il faut préciser que cette caractéristique n'est pas spécifique à l'utilisation des commandes bimanuelles et qu'elle s'applique en fait, à l'ensemble du cycle de travail. On ne peut donc pas omettre de préciser que ce facteur a toute son importance dans l'apparition de TMS mais qu'il ne peut être considéré comme propre à l'utilisation des commandes bimanuelles.

1.2 Facteurs de risque indirects

Comme précisé dans la partie 2 (§ 1.3 – figure 3), les facteurs de risque de TMS peuvent être indirects. La compréhension de l'organisation du travail et l'évaluation des facteurs psychosociaux et du stress, ont constitué une part importante de l'analyse des facteurs de risque indirects lors de l'étude. Malgré l'influence non réfutable de ces facteurs sur l'apparition des TMS, il est à nouveau nécessaire de mentionner que ces caractéristiques n'influent pas spécifiquement sur l'utilisation des commandes bimanuelles.

2. Place de l'utilisation des commandes bimanuelles dans l'activité de travail

Après avoir décrit les facteurs de risque de TMS liés à l'utilisation des commandes bimanuelles, il est primordial de replacer ces dispositifs de commandes dans leur contexte d'utilisation. En effet, les commandes bimanuelles font partie intégrante du cycle de travail et ne peuvent donc faire l'objet de conclusions en tant que telles. L'analyse du temps d'utilisation des commandes bimanuelles au cours du cycle de travail montre à la fois une forte variabilité des situations de travail, et une impossibilité de négliger l'utilisation des commandes, en termes de situation potentiellement à risque de TMS, dès lors que la part de cette activité dans le cycle de travail devient importante. Dans un contexte où les commandes bimanuelles sont utilisées par exemple durant $\frac{1}{4}$ du temps de cycle, il faut considérer ce dispositif, non pas comme un simple organe de sécurité, mais comme un véritable outil de travail, permettant d'effectuer une action sur le système.

La présente étude montre que l'utilisation des commandes bimanuelles ne présente pas en soi, une situation à risque de TMS. Par ailleurs, comme mentionné dans la littérature, l'appui avec un ou plusieurs doigts sur une surface nécessite moins de force que beaucoup d'autres gestes impliquant les doigts comme par exemple le pincement pouce-index [DiDomenico Astin, 1999]. Par conséquent, l'utilisation des commandes bimanuelles en termes d'efforts est généralement négligeable, comparée aux autres actions du cycle de travail. En effet, le risque de TMS, illustré par la pression à l'intérieur du canal carpien, est plus important lorsqu'il s'agit de prise en pince que lorsqu'un doigt doit effectuer un appui sur une surface [Peter Keir et al., 1998]. Les données bibliographiques confortent donc les résultats de l'étude, à savoir que l'utilisation des commandes bimanuelles est faiblement sollicitant en soi.

Cependant, comme constaté durant l'étude, il existe des contextes particuliers où l'utilisation des commandes bimanuelles présente davantage de facteurs de risque de TMS, en termes d'intensité. Les commandes bimanuelles pouvant parfois être considérées comme une véritable activité de travail, la notion de dose intervient pour l'évaluation du risque de TMS. L'adoption répétée de positions articulaires contraignantes peut présenter un risque de TMS. De plus, l'utilisation répétée des commandes bimanuelles pourrait conduire à la réalisation d'un effort produit accru. Dans des contextes où une répétitivité élevée est combinée à un effort produit accru, l'utilisation des commandes bimanuelles peut présenter un risque de TMS. Hormis ces contextes particuliers, qu'il sera important de repérer et de caractériser à l'avenir, l'utilisation des commandes bimanuelles ne peut pas être considérée comme un facteur de risque de TMS, à la vue des résultats de la présente étude. Il faut donc rester prudent et ne pas omettre d'analyser les situations de travail dans leur ensemble pour conclure sur l'utilisation des commandes bimanuelles.

En résumé, l'utilisation des commandes bimanuelles présente bien divers facteurs de risque de TMS, mais à un niveau faible, et le plus souvent négligeable. Les commandes bimanuelles ne présentent donc pas, en règle générale, un risque majeur de TMS.

3. Variabilité des commandes bimanuelles

Comme précisé dans le paragraphe 1.1, le modèle de commandes bimanuelles influe sur les facteurs de risque biomécaniques, notamment au niveau des postures et des efforts. En outre, le modèle de commandes bimanuelles a d'autres conséquences sur l'activité de travail des opérateurs.

Tout d'abord, concernant les dysfonctionnements relevés lors de l'utilisation des commandes bimanuelles de type optique, il semble qu'ils soient relativement fréquents, et dans tous les cas, plus courants que ceux relevés avec les commandes bimanuelles de type mécanique. Le non-respect de la simultanéité nécessaire à l'activation du signal est la cause principale des dysfonctionnements identifiés. Ils semblent être liés à un phénomène de type sensitif. En effet, l'utilisation des commandes bimanuelles optiques ne nécessitant pas d'appui, la simultanéité du geste semble plus difficile à maîtriser en raison de l'absence de feedback sensitif. L'explication suivante peut être proposée : lors de l'utilisation des commandes bimanuelles mécaniques, la pression exercée sur la surface des boutons poussoirs entraîne sa déformation et informe donc sur l'efficacité du geste en retour. Les dysfonctionnements mentionnés expliquent que certains opérateurs indiquent préférer les commandes bimanuelles mécaniques aux optiques.

Par ailleurs, les commandes bimanuelles, qu'elles soient de type optique ou mécanique, présentent une grande variabilité d'implantation. C'est ce positionnement, du dispositif au poste de travail, qui va influencer sur les postures de l'opérateur (cf. Partie 5 § 1.1.2). De plus, une grande variabilité de conception des commandes est également constatée parmi les commandes bimanuelles mécaniques. En effet, la totalité des commandes mécaniques étudiées avaient été fabriquées par l'entreprise et il en résultait une variabilité des formes, des tailles et même des efforts à fournir. Les boutons poussoirs étaient rarement identiques d'un poste à l'autre.

4. Pertinence de la demande d'étude sur les commandes bimanuelles

L'étude a permis de mettre en évidence que l'installation des commandes bimanuelles au poste de travail émane rarement d'une initiative du service sécurité. En effet, la décision de sécuriser une machine par la mise en place d'un dispositif de commandes bimanuelles appartient le plus souvent au service des méthodes. Ce constat pose un véritable problème, puisque les personnes qui ordonnent la nécessité de mettre en place des commandes bimanuelles sur un système n'effectuent pas l'évaluation des risques a priori, présents sur ce système. Par conséquent, la présence de commandes bimanuelles à un poste de travail peut parfois être injustifiée du point de vue strictement sécuritaire. En fait, lors de l'intervention en entreprise, nous avons pu constater que la mise en place des commandes bimanuelles n'avait pas souvent fait l'objet d'une réflexion sur la sécurité mais était plutôt apparue comme systématique dès qu'un doute sur la dangerosité de la machine était émis.

De plus, la plupart des commandes bimanuelles analysées dans cette étude ne respectaient pas la Norme NF EN 574 [Norme NF EN 574.09/96]. On observe donc des dispositifs dits « de sécurité », qui en fait, ne remplissent pas complètement les exigences sécurités mentionnées dans les normes, ce qui semble être un paradoxe avec l'installation quasi systématique constatée.

On a pu constater par ailleurs que les commandes bimanuelles devenaient parfois une action à part entière du cycle de travail, nécessitant par là même du temps.

Dans certains cas précis où l'utilisation des commandes bimanuelles s'avérerait être un facteur de risque de TMS, comme par exemple lorsque les commandes bimanuelles présentent une action à part entière du cycle de travail, on peut supposer que la limitation des nouvelles installations, voire la remise en cause des dispositifs déjà mis en place serait à envisager comme une piste de prévention.

Lors de l'étude en entreprise, les acteurs quels qu'ils soient, étaient très surpris de l'importance portée par notre intervention aux dispositifs de commandes bimanuelles. Les opérateurs interrogés désignent de nombreux problèmes rencontrés à leur poste de travail sans jamais mentionner les commandes bimanuelles. Pourtant le fondement de la demande d'étude semble provenir à la fois, des représentants des salariés et des employeurs, mais cette demande n'a pas été retrouvée lors de l'étude conduite en entreprise.

Suite à ces constats, il est nécessaire de s'interroger sur les motivations de la demande d'étude concernant la relation possible entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS. En effet, une analyse argumentée de la demande s'avère plus que jamais opportune.

Cette étude a permis de mettre en évidence certains contextes particuliers où la question de la relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et la survenue de TMS méritait d'être posée. Les résultats ne permettent pas de conclure sur les motivations de la demande mais invitent cependant à la réflexion sur son origine.

Conclusion

L'étude de la relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS a permis de découvrir de nombreux contextes, non suspectés jusqu'alors, où ces dispositifs de commandes sont utilisés. Ces variabilités, auxquelles s'ajoutent une diversité des types de commandes et de leur implantation, a engendré de nombreuses difficultés lors de l'étude. Néanmoins une analyse approfondie de l'utilisation des commandes bimanuelles a pu être réalisée. L'analyse ergonomique a montré que les commandes bimanuelles n'étaient pas seulement un organe de sécurité, mais pouvaient, dans certains contextes, représenter une véritable action dans le cycle de travail.

Cette étude a permis de mettre en évidence la présence de facteurs de risque de TMS, relevés dans la bibliographie, lors de l'utilisation des commandes bimanuelles, qui cependant ne présentent pas un niveau de risque considérable. Il est cependant essentiel de ne pas généraliser ce constat et de considérer comme il se doit les cas particuliers pouvant être rencontrés et pouvant engendrer des TMS. En effet, certains contextes de travail montrent que l'utilisation des commandes bimanuelles peut être une action nécessitant un temps non négligeable et ainsi pouvant présenter un risque potentiel de TMS, même si ces situations sont relativement rares. Par ailleurs, l'étude suggère de s'interroger sur les motivations de la demande initiale. En effet, l'inquiétude concernant la relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS n'a pas été retrouvée en entreprise.

L'étude a finalement permis de mettre en avant les contextes d'utilisation pouvant présenter un risque de TMS et de fournir des pistes de réflexion intéressantes concernant les motivations de la demande initiale.

Bibliographie

Aptel M., *Efforts de poussée ou de traction – Rappels réglementaires – Analyse du système homme-chariot – Données bibliographiques sur les efforts maximaux*, INRS, 1988, Cahiers de notes documentaires n°132 : p 415-420

Aptel M., Cail F., Morel O., *Un outil de recueil et d'analyse des facteurs de risque : le questionnaire TMS*, 2000 a, dmt n°83 : p 199-216

Aptel M., Lahaye S., Gerling A., *Un outil d'évaluation des facteurs de risques biomécaniques : OREGÉ*, 2000 b, dmt n°83 : p 217-223

Aptel M., Lafaurie S., Tronchet L., Atain-Kouadio J.J., *OREGÉ : Un outil simple d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques de TMS du membre supérieur*, Notes scientifiques et techniques de l'INRS n°196, 2000 c, 122p

Aptel M., Gerling A., Cail F., *Méthode de prévention des TMS. Généralités et principes*, Dossier médico-technique, n°83, 2000 d : p 189-194

Aptel M., Cail F., Franchi P., *Les troubles musculosquelettiques du membre supérieur*, INRS ED 797, Paris, France, 2000 e: p 5-48

Aublet-Cuvelier A., *Démarche de prévention des troubles musculosquelettiques dans une blanchisserie hospitalière*, Notes scientifiques et techniques de l'INRS n°195, 2000 : p 7

Bélangier R., Massé S., Tellier C., Bourbonnière R., Sirard C., *Evaluation des risques associés à l'utilisation des presses à métal dans l'industrie québécoise*, Rapport R-085, 1990, p 47

Bélangier R., Massé S., Tellier C., Bourbonnière R., Sirard C., *Presse à embrayage à friction- Détermination de l'emplacement des commandes bimanuelles –RG-100*, 1995, p 1

Claudon L., Guiguet C., *Analyses ergonomiques pour la conception d'outils à main : point de vue et observation des utilisateurs de couteaux dans les abattoirs et ateliers de découpe*, source INRS, 2000

DiDomenico Astin A., *Finger force capability: measurement and prediction using anthropometric and myoelectric measures*, Thesis, 1999, 92 p

Etienne P., CR Réunion Comité National de Prévention TMS, Paris le 12.12.03

Gerling A., Aublet-Cuvelier A., *Diagnostic ergonomique de risque de TMS – Cas d'une entreprise de petit équipement domestique*, Notes scientifiques et techniques de l'INRS n°223, 2002 : p 3-10

Norme NF EN 894-3. 08/2000, *Sécurité des machines. Exigences ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de service- Partie 3 : Organes de service*. Paris AFNOR, 37p

Norme NF EN 574.09/96, *Sécurité des machines. Dispositifs de commande bimanuelle. Aspects fonctionnels – Principes de conception*. Paris, AFNOR, 35 p

Peter J. Keir, Joel M. Bach, David M. Rempel, *Fingertip loading and carpal tunnel pressure : Differences between a pinching and a pressing task*, *Journal of Orthopaedic Research*, 1998, vol 16: p 112-115

ST-Vincent M., Chicoine D., Simoneau S., *Les groupes Ergo : Un outil pour prévenir les LATR*, IRSST, 1998 : p 24

Source CNAMTS www.ameli.fr (06/2004)

Table des annexes

Annexe 1 : Extrait du tableau 57 des maladies professionnelles

Annexe 2 : Présentation des différents modèles de commandes bimanuelles

Annexe 3 : Schématisation de la chronologie d'intervention

Annexe 4 : Support de présentation de l'étude en entreprise

Annexe 5 : Grilles d'entretiens

Annexe 6 : Grilles d'observations

Annexe 7 : Questionnaire

Annexe 8 : Photographies illustrant des positions articulaires extrêmes

Annexe 9 : Photographies illustrant la diversité des commandes bimanuelles

Annexe 1 : Extrait du tableau 57 des maladies professionnelles
(régime général des travailleurs salariés)

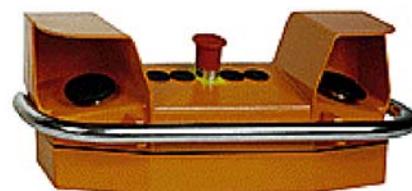
Source CNAMTS

Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
A. - Epaule		
Epaule douloureuse simple (tendinopathie de la coiffe des rotateurs)	7 jours	Travaux comportant habituellement des mouvements répétés ou forcés de l'épaule
Epaule enraidie succédant à une épaule douloureuse simple rebelle	90 jours	Travaux comportant habituellement des mouvements répétés ou forcés de l'épaule
B. - Coude		
Epicondylite	7 jours	Travaux comportant habituellement des mouvements répétés de préhension ou d'extension de la main sur l'avant-bras ou des mouvements de supination et pronosupination
Epitrochléite	7 jours	Travaux comportant habituellement des mouvements répétés d'adduction ou de flexion et pronation de la main et du poignet ou des mouvements de supination et pronosupination
Hygromas :		
- hygroma aigu des bourses séreuses ou atteinte inflammatoire des tissus sous-cutanés des zones d'appui du coude	7 jours	Travaux comportant habituellement un appui prolongé sur la face postérieure du coude
- hygroma chronique des bourses séreuses	90 jours	Travaux comportant habituellement un appui prolongé sur la face postérieure du coude
- hygroma de la gouttière épitrochléo-olécrânienne (compression du nerf cubital)	90 jours	Travaux comportant habituellement un appui prolongé sur la face postérieure du coude
C. - Poignet - Main et doigt		
Tendinite – Ténosynovite	7 jours	Travaux comportant de façon habituelle des mouvements répétés ou prolongés des tendons fléchisseurs ou extenseurs de la main et des doigts
Syndrome du canal carpien - Syndrome de la loge de Guyon	30 jours	Travaux comportant de façon habituelle, soit des mouvements répétés ou prolongés d'extension du poignet ou de préhension de la main, soit un appui carpien, soit une pression prolongée ou répétée sur le talon de la main

Annexe 2 : Modèles de commandes bimanuelles

✚ *Commandes bimanuelles de type mécanique*



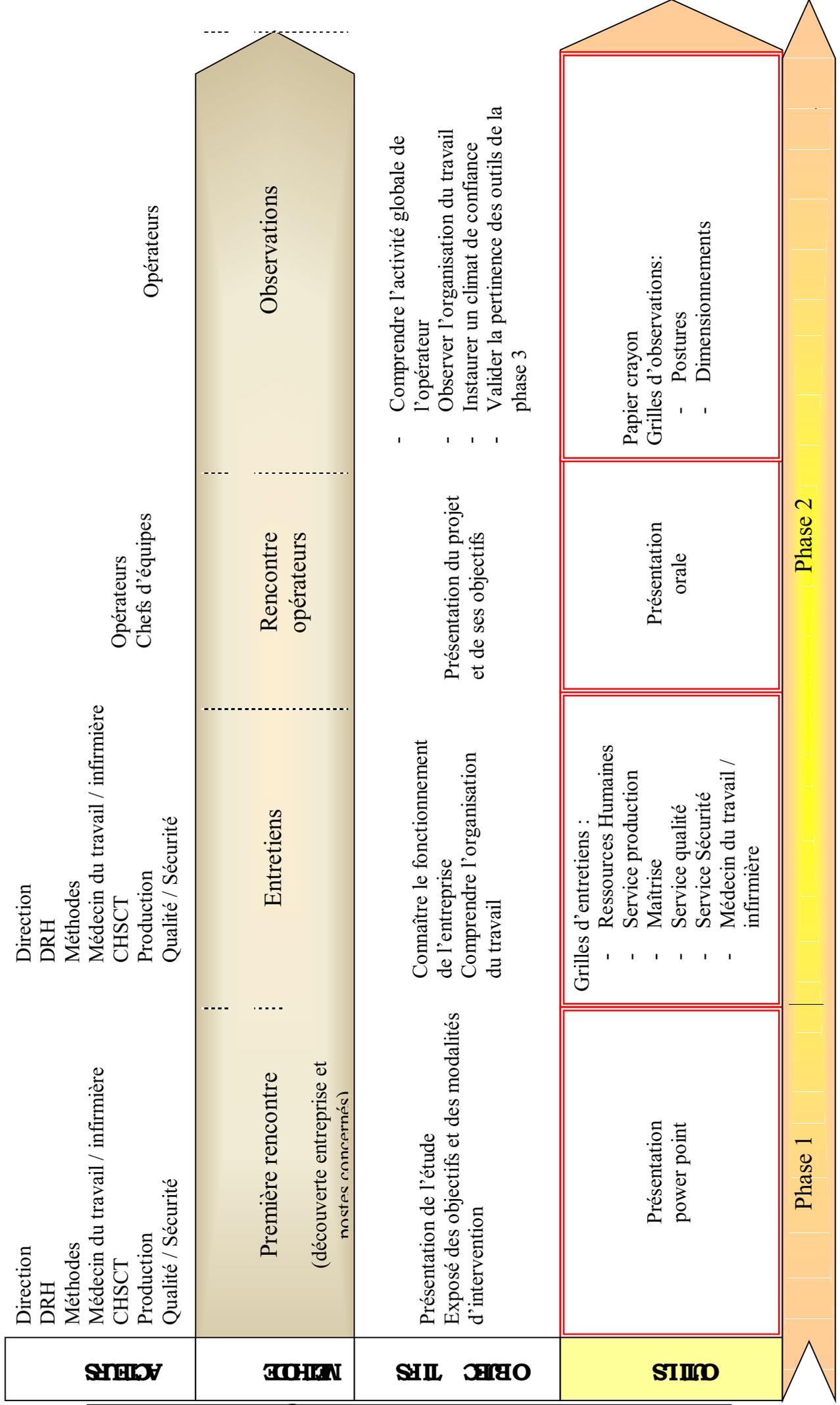
✚ *Commandes bimanuelles de type optique*

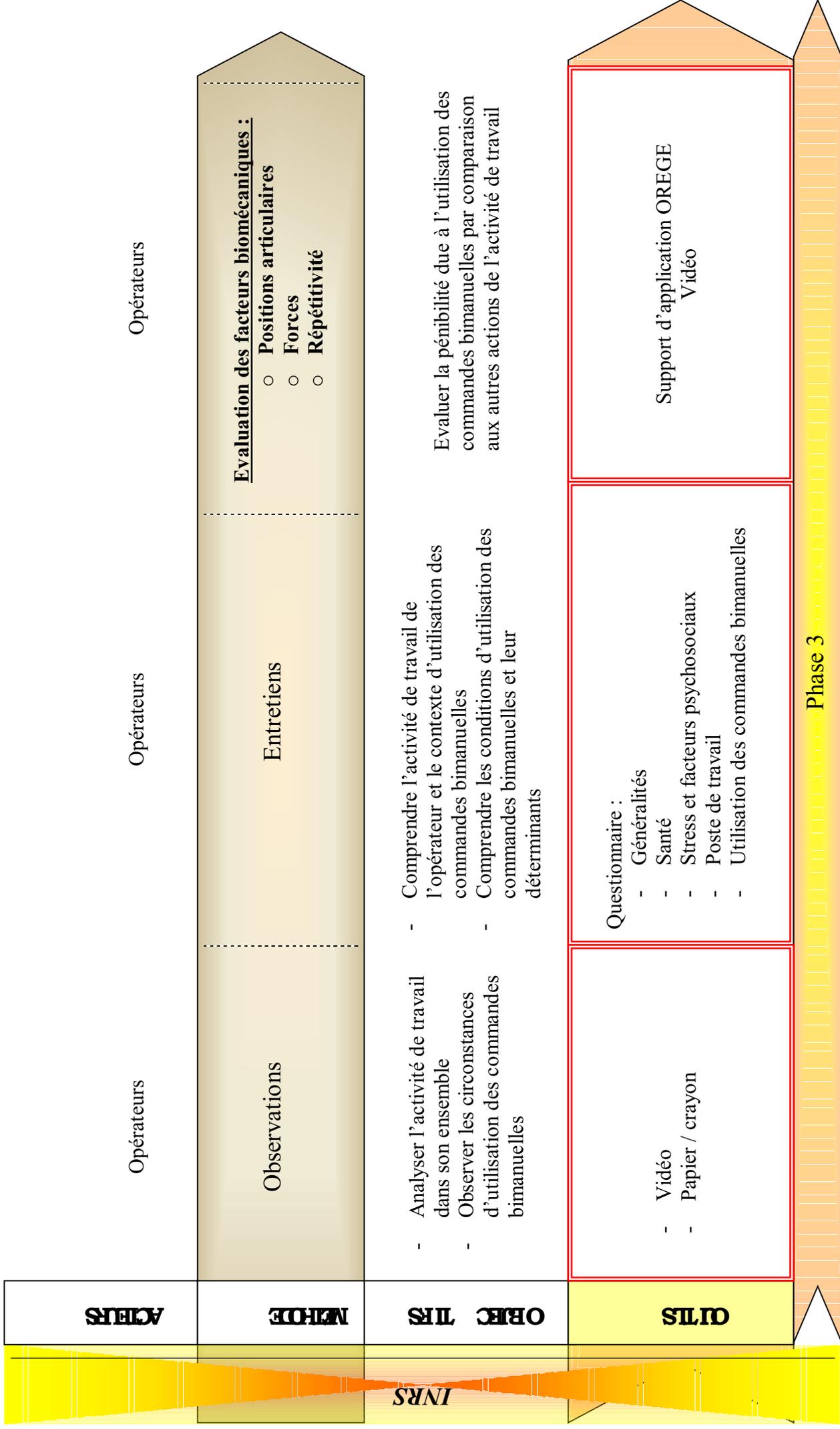


✚ *Commandes bimanuelles de type capacitif*



Annexe 3 : Schématisation de la chronologie de l'intervention





Annexe 4: Support de présentation de l'étude en entreprise



Contexte de l'étude

- Demandes diverses concernant l'ergonomie des commandes bimanuelles :
 - demandes des CRAM
 - demandes des entreprises...
- Absence de données ergonomiques concernant l'utilisation des commandes bimanuelles
- Recherche de pistes d'amélioration ergonomique des commandes bimanuelles

Approche ergonomique



- ⇒ L'étude des commandes bimanuelles nécessite une **démarche ergonomique** concernant **l'ensemble de l'activité** effectuée par l'opérateur

Objectifs de l'étude

- Connaître l'**incidence** de l'utilisation des commandes bimanuelles d'un point de vue **ergonomique** sur la charge de travail
- Analyser les **conditions d'utilisation** des commandes bimanuelles
- Définir les **contraintes** liées à l'utilisation des commandes bimanuelles

Définition [NF EN 574.09/96]

Dispositif de commande bimanuelle :

Dispositif qui exige une **manœuvre** au moins **simultanée** à l'aide des **deux mains** pour déclencher et entretenir, tant qu'une situation dangereuse existe, tout fonctionnement d'une machine, constituant ainsi une mesure de **protection** seulement pour la personne qui l'actionne.

Types de commandes bimanuelles

Activation commandes

✓ Type mécanique



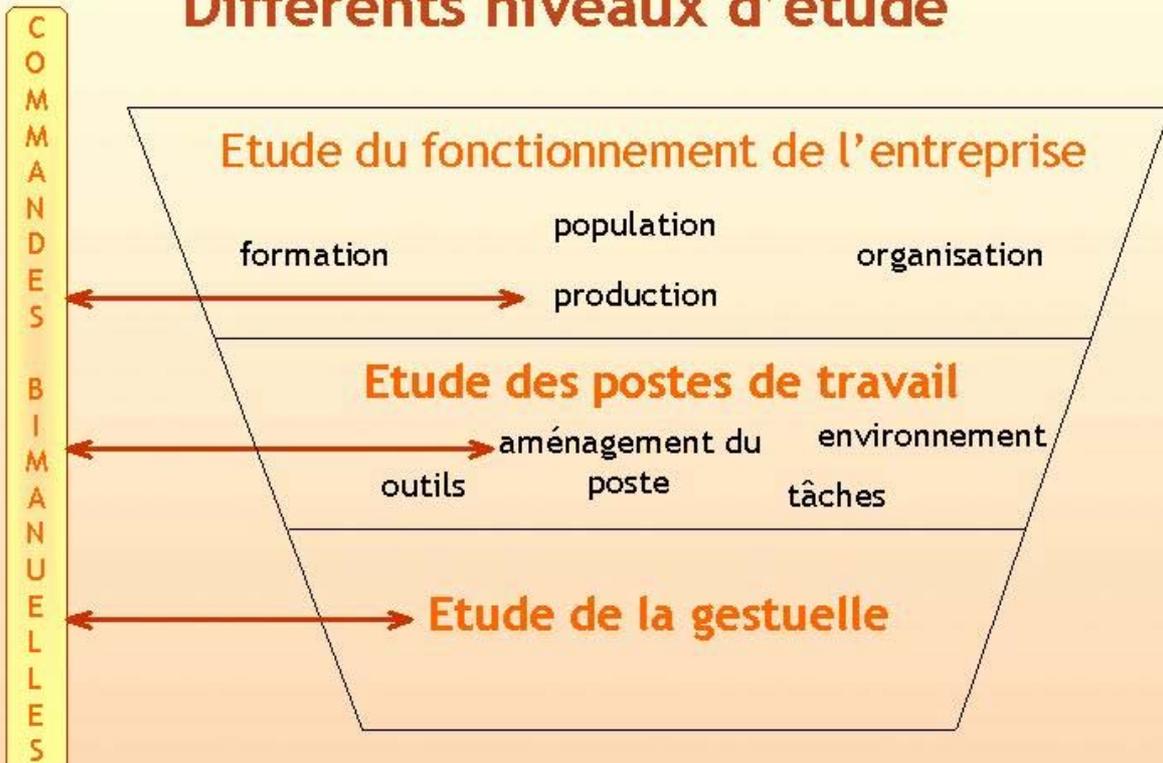
✓ Type capacitif



✓ Type optique



Différents niveaux d'étude

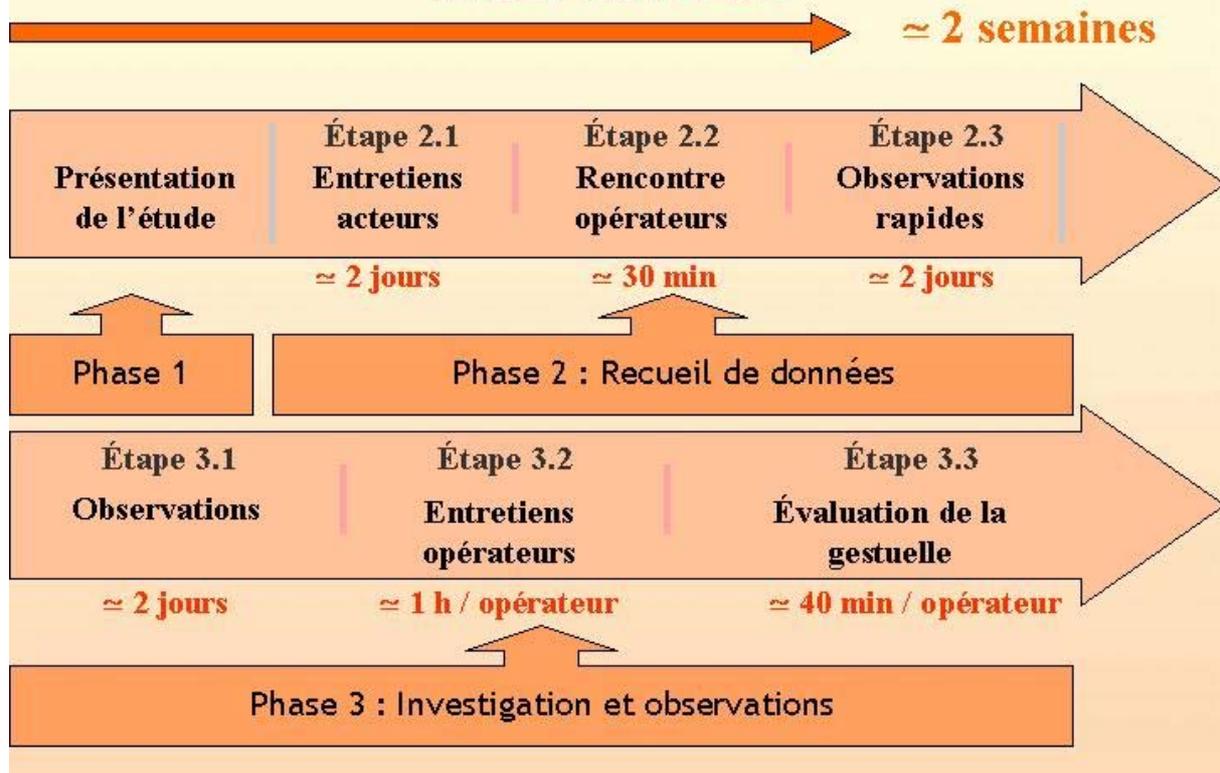


Démarche

Intervention en 3 phases :

- **Présentation** de l'étude et découverte de l'entreprise
- **Recueil de données** sur l'activité de travail
- **Investigation et observations** de l'activité de travail

Intervention



Recueil de données

Étape 2.1

- Entretiens avec les différents acteurs de l'entreprise

Objectifs

- ✓ Connaître le fonctionnement de l'entreprise
- ✓ Comprendre l'organisation du travail

→ ≈ 2 jours

Recueil de données

Étape 2.2

- Rencontre avec les opérateurs

Objectif

- ✓ Présentation du projet

→ ≈ 30 min

Recueil de données

Étape 2.3

- Observations rapides au poste de travail

Objectifs

- ✓ Découvrir l'activité globale de l'opérateur
- ✓ Instaurer un climat de confiance
- ✓ Préparer la phase 3 (choix des postes à étudier, validation de la pertinence des outils utilisés en phase 3...)

→ ≈ 2 jours

Observations et investigation

Étape 3.1

- Observations au poste de travail

Objectifs

- ✓ Observer l'activité de travail dans son ensemble
- ✓ Observer les conditions d'utilisation des commandes bimanuelles

→ ≈ 2 jours

Observations et investigation

- Entretiens avec les opérateurs

Objectifs

- ✓ Comprendre l'activité de travail et le contexte d'utilisation des commandes bimanuelles
- ✓ Analyser les déterminants de l'activité de travail (utilisation commandes bimanuelles)

→ **≈ 1h / opérateur**

Observations et investigation

- Évaluation de la gestuelle

Objectifs

- ✓ Évaluer la pénibilité due à l'utilisation des commandes bimanuelles par comparaison aux autres actions de l'activité de travail

→ **≈ 40 min / opérateur**

Quelques principes

- **Confidentialité absolue**
- **Restitution** de l'ensemble des résultats à l'entreprise
- Démarche **participative**
- Moyens utilisés pour l'étude :
 - ↳ **Vidéo**
 - ↳ **Entretiens individuels** avec chaque opérateur
 - ↳ **Autres...**

Annexe 5 : Grilles d'entretiens

❖ Entretien Ressources Humaines

L'entreprise

- Quel est l'historique de l'entreprise ? (en bref)
- Quelles ont été les évolutions de l'entreprise au niveau technique, organisation du travail, automatisation, modernisation... ?
- Quels sont les produits issus de l'entreprise ?
- Quel est le nombre de paliers hiérarchiques ? Organigramme
- Existe-t-il de la sous-traitance ? Si oui, quelle est son importance ?
- Qui sont les concurrents ?
- Qui sont les fournisseurs, les clients ?
- Quelle est la rentabilité de l'entreprise ?

La population salariée

- Quelle est la répartition des employés selon leur niveau de qualification (cadres, ouvriers...) ? pourcentages
- Quels sont les types de contrats, et leur nombre (CDD, CDI, Interim, temps plein, temps partiel...)?
- Quelles ont été les évolutions de la masse salariale ces dix dernières années ? A quoi sont-elles dues ?
- Quel est l'âge moyen des salariés ?
- Quelle est l'ancienneté des salariés ?
- Quelle est la répartition homme / femme ?
- Quelles sont les évolutions possibles pour les salariés ?
- Quels sont les horaires effectués par les salariés ? Ces horaires sont-ils stables dans le temps ?
- Existe-t-il du travail posté ?
- Est-ce que les opérateurs font des heures supplémentaires ?
- Comment sont organisés les congés annuels (imposés, au choix ??)
- Comment les 35 heures sont-elles organisées ? ARTT (aménagement réduction du temps de travail)
- Quel est le nombre de jours de RTT ? (/ an)
- Comment est accueilli un nouveau salarié ? fond, forme (présentation entreprise, formation sécurité ?)
- Quelle est la rémunération des salariés ? comment est-elle attribuée ? prime au rendement, participation au bénéfice ?
- Quel est le taux d'absentéisme ? Et comment évolue-t-il ?
- Quel est le taux de turn-over ?
- Quelles sont les données AT / MP ? Nombre, fréquence, gravité...

AT- fréquence :

AT – gravité :

MP nombre / évolution :

- Quel est le taux d'Incapacité Totale de Travail et d'Incapacité Permanente Partielle ?
- Comment les absences sont-elles gérées ? (remplacement du personnel absent...)

❖ Entretien Service production et maîtrise

La production

- Quelle est l'exigence de production (par jour)? (capacité de production ?)
- Existe t-il différents types de production ? Combien ? Quand ?
 - Si oui, ces types ont-ils une influence sur la cadence ?
 - Existe t-il des variations des équipements de travail ?
 - Comment se passent les balancements de la production (temps, équipements...)?
 - Les variations de gammes ont-elles une influence sur le travail ? Existe t-il des produits plus faciles à produire que d'autres ? Si oui, pourquoi ?

Le secteur de production, l'atelier, la ligne...

- Les salariés sont-ils soumis à une cadence imposée ?
- Comment est calculée cette cadence ?
- Cette cadence est-elle stable au cours du temps ? dans la journée, dans la semaine, dans le mois, dans l'année...
- A quoi correspond cette cadence ? Objectifs de production, délai imposés par les clients ?
- Existe t-il des procédures de mesure des temps et des mouvements (MTM) ?
- Que se passe t-il lorsqu'un salarié n'arrive pas à suivre la cadence ?
- Les postes sont-ils dépendants entre eux ?
- Les salariés effectuent t-ils des rotations ?
 - Si oui, pour quelles raisons ?
 - comment se passent ces rotations ? (fréquence...)
 - quelles sont les conditions de formation aux différents postes ?
 - Existe t-il des périodes d'adaptation ?
 - Existe t-il des variations de sollicitations lors de la rotation ?
- Comment sont gérées les absences ? (remplacement personnel absent...)
- Qui fait l'achat des outils, des équipements, des matériaux ?
- Comment l'information circule t-elle ? Descendante / Ascendante
- Les ouvriers disposent ils d'une boîte à idée ou de réunion permettant l'échange d'informations ?
- Les salariés connaissent-ils l'ensemble du processus ou bien uniquement leur poste de travail ?
- Sur quoi est basé leur savoir faire ? empirique (basé sur l'expérience) ou analytique (basé sur des connaissances techniques et scientifiques) ?
- Les salariés sont ils polyvalents ? Combien le sont ?

Le poste où est utilisé les commandes bimanuelles...

- Existe t-il des modes opératoires précis, des instructions ou des consignes relatives au travail ? (possibilité de consulter ces documents ?)
- Existe t-il des fiches de poste ? Si oui, à quoi sont elles destinées (information, formation...)?
- Quelles sont les consignes données aux salariés pour l'exécution du travail ? Par qui ?

- Les opérateurs sont-ils associés à la conception du poste de travail ? Dans quelles mesures ?
- Existe-t-il une formation au poste ?
 - si oui, pendant combien de temps, à quelle cadence, et comment évolue-t-elle ?
 - Qui sont les formateurs ?
- Les salariés sont-ils autonomes dans leur travail ? Peuvent-ils organiser leur travail ?
- Quels types d'incidents peuvent se produire, ou se sont déjà produits ? Pourquoi ? Où ?
- Comment sont gérés ces incidents ?
- Quel est le taux de pannes des équipements de travail ?
- Quels sont les moyens mis en œuvre pour la récupération des pannes ?
- Comment les salariés s'approvisionnent-ils en matière première ?
- Les salariés peuvent-ils réaliser des stocks tampons ? pourquoi ?
- A quoi sont destinées l'utilisation des commandes bimanuelles ?
- Pour quelles raisons ont-elles été mises en place ?
- Comment doivent-elles être utilisées ?
- Comment ont-elles été choisies (cahier des charges, aspects sécurité, rapport qualité-prix...)?
- Les opérateurs reçoivent-ils une formation sécurité ?
 - par qui ?
 - combien de temps ?
 - sur quoi porte-t-elle ?
- Quelles étapes du travail sont les plus difficiles à réaliser ? (plus longues à apprendre, plus difficile à faire, plus long à exécuter, plus monotone...)
- Quels sont les accidents survenus au poste ?
- Comment se sont-ils produits, quand et dans quel contexte ?
- Existe-t-il des problèmes avec les matériaux manipulés, les équipements ou les outils ?
 - Si oui, que se passe-t-il lors de tels problèmes ? Quelle est la rapidité d'intervention en cas d'imprévu ?
- Qui fait l'entretien et la réparation des outils, des équipements ?

❖ Entretien Service qualité

La qualité, en général

- Quelle est la satisfaction clients en général ?

Le secteur de production, l'atelier, la ligne...

- Le contrôle qualité a-t-il lieu en cours de production ou en fin de production ?
- Quel est le taux de rebut ou de retouches ?
- A quoi sont dus ces rejets ?
- Qui les détecte ?
- Comment sont-ils traités ?
- Les salariés sont-ils en charge de la qualité ? Dans quelles mesures ?
- Comment les salariés connaissent-ils les critères qualité ?

❖ Entretien Service sécurité

- Quels types d'incidents peuvent se produire, ou se sont déjà produits ? Pourquoi ? Où ?
 - Comment sont gérés ces incidents ?
 - Quelles sont les instructions ou les consignes relatives à la sécurité dans le secteur de production? (possibilité de consulter ces documents ?)
 - Quelles sont les instructions ou les consignes relatives à la sécurité au poste où sont utilisées les commandes bimanuelles ? (possibilité de consulter ces documents ?)
 - A quoi sont destinées l'utilisation des commandes bimanuelles ?
 - Pour quelles raisons ont-elles été mises en place ?
 - Comment doivent-elles être utilisées ?
 - Comment ont-elles été choisies (cahier des charges, aspects sécurité, rapport qualité-prix...)?
 - Les opérateurs reçoivent-ils une formation sécurité ?
 - par qui ?
 - combien de temps ?
 - sur quoi porte t-elle ?
 - Quels sont les accidents survenus au poste ?
 - Comment se sont-ils produits, quand et dans quel contexte ?
- Quels sont les principaux risques identifiés au poste commandes bimanuelles ?

❖ Entretien Médecin du travail / infirmière

- Quel est le taux de soins infirmiers dans l'entreprise?
- De quoi se plaignent les salariés ?
- Qui est concerné ?
- Est ce alarmant ?
- Existe t-il des plaintes de douleurs type TMS ?
 - Localisation
 - Fréquence
 - Intensité
- Quels postes sont concernés ?
- Quels gestes semblent être à l'origine de ces plaintes ?
- Quelles outils ou quelles machines sont concernés par ces plaintes ?
- Quelles sont les circonstances de ces plaintes (moment dans l'année, dans le mois, dans la semaine, dans la journée... ?)
- Quels sont les travailleurs concernés ? (CDD, CDI, Intérimaires, nouveaux embauchés, anciens, jeunes, âgés..., hommes, femmes... ?)
- Existe t-il des suspicions, à priori, sur l'origine de ces plaintes ? Si oui, lesquelles ?
- Quelles sont les données AT / MP ? Nombre, localisation, fréquence, gravité, circonstances...

Circonstances de la survenue des AT :

AT- fréquence :

AT – gravité :

MP nombre / évolution :

Annexe 6 : Grilles d'observations

Poste :
Opérateur :
Date :
Heure :

DIMENSIONNEMENT DU POSTE

Type de poste dominant :

assis = 1 assis-debout = 2 debout = 3

Hauteur du plan de travail ou de la chaîne en cm, par rapport au sol :

Réglage du plan de travail en hauteur

réglable = 1 fixe = 2

Hauteur maximale en cm, par rapport au plan de travail :

produit outils pièces

Distance maximale en cm, par rapport au bord du plan de travail (en profondeur) :

produit outils pièces

Distance maximale en cm, par rapport à l'intersection du bord de table et du plan médian de l'opérateur (latéral) :

produit outils pièces

Hauteur du pupitre commandes bimanuelles en cm, par rapport au sol :

Distance entre les deux organes de commande, en cm :

Diamètre des organes de commandes , en cm :

OU largeur d'ouverture pour l'index des organes de commande, en cm :

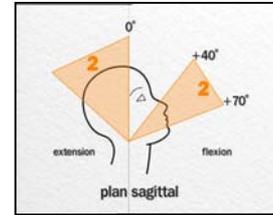
Champ de course des organes de commandes (hauteur des organes de commandes non actionnés – hauteur des organes de commandes actionnés) , en cm :

POSTURES

Cou

flexion $< 40^\circ$
Pas d'extension

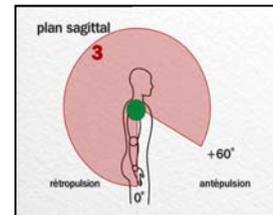
flexion $> 40^\circ$
extension



Epaule droite 1

antépulsion $< 60^\circ$
pas de rétropulsion

antépulsion $> 60^\circ$
rétroupsion



Epaule gauche 1

antépulsion $< 60^\circ$
pas de rétroupsion

antépulsion $> 60^\circ$
rétroupsion

Epaule droite 2

abduction $< 60^\circ$
Pas d'adduction

abduction $> 60^\circ$
adduction

Epaule gauche 2

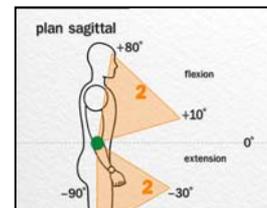
abduction $< 60^\circ$
Pas d'adduction

abduction $> 60^\circ$
adduction

Coude droit

extension $< 120^\circ$
flexion $< 10^\circ$

extension $> 120^\circ$
flexion $> 10^\circ$



Coude gauche

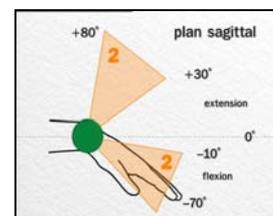
extension $< 120^\circ$
flexion $< 10^\circ$

extension $> 120^\circ$
flexion $> 10^\circ$

Poignet droit

extension $< 30^\circ$
flexion $< 10^\circ$

extension $> 30^\circ$
flexion $> 10^\circ$



Poignet gauche

extension $< 30^\circ$
flexion $< 10^\circ$

extension $> 30^\circ$
flexion $> 10^\circ$

Annexe 7 : Questionnaire

Partie 1 : Généralités

1.1 Caractéristiques personnelles

1- Date de l'entretien :

2- N° de dossier :

3- Age :

4- Sexe : Masculin = 1 ? Féminin = 2 ?

5- Taille (cm) :

6- Poids (Kg) :

7- Droitier = 1 ? Gaucher = 3 ? les deux = 2 ?

8- Verres correcteurs
Non = 1 ? Lentilles = 2 ? Lunettes = 3 ?

9- Le problème concerne
Vue de loin = 1 ? Vue de près = 2 ? Non concerné = 9 ?

10- Portez-vous vos lunettes (ou lentilles) au travail ?
Non = 1 ? Oui = 2 ? Non concerné = 9 ?

11- Si non, pourquoi ? Non concerné = 9 ?

.....

1.2 **Renseignements professionnels**

12- Quelle est la nature de votre contrat de travail ?
CDI = 1 ? CDD = 2 ? intérimaire = 3 ?
autre = 4 ?

Depuis combien **d'années et mois** travaillez-vous ?

→ 13- Dans cette entreprise :

→ 14- A ce poste :

15- Etes-vous polyvalent(e) ?
Non = 1 ? Oui = 2 ?

16- Quel est votre rythme de rotation?

Toutes les heures = 1 ?

Toutes les 2 h = 2 ?

Par demie journée = 3 ?

Par journée = 4 ?

Par semaine = 5 ?

Pas de rotation = 6 ?

17- Comment travaillez-vous ?

Temps partiel = 1 ?

Journée = 2 ?

2 x 8 = 3 ?

3 x 8 = 4 ?

Nuit = 5 ?

WE / VSD = 6 ?

1.3 Renseignements extra-professionnels

18- Avez-vous des activités sportives en dehors de votre travail ?

Jamais = 1 ?

occasionnellement = 2 ?

Régulièrement = 3 ?

à haut niveau = 4 ?

Partie 3 : Stress et Facteurs Psychosociaux

3.1 Stress

Durant les 6 derniers mois avez-vous ressenti :

19- Palpitations

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

20- Nervosité ou tremblements

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

21- Digestion difficile

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

22- Constipations – diarrhées

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

23- Difficulté d'endormissement

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

24- Anxiété

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

25- Sensation de tension, de crispation

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

26- Irritabilité

jamais ou rarement = 1 ?
assez souvent = 3 ?

quelquefois = 2 ?
très souvent ou constamment = 4 ?

Score Stress
(somme 19 à 26)

3.2 Facteurs psychosociaux

27- Dans mon travail je dois apprendre des choses nouvelles

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 tout à fait d'accord = 1

28- Dans mon travail, j'effectue des tâches répétitives

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

29- Mon travail me demande d'être créatif

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

30- Mon travail me permet souvent de prendre des décisions moi-même

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

31- Mon travail demande un haut niveau de compétence

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

32- Dans ma tâche, j'ai très peu de liberté pour décider comment je fais mon travail

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

33- Dans mon travail, j'ai des activités variées

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

34- J'ai la possibilité d'influencer le déroulement de mon travail

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

35- J'ai l'occasion de développer mes compétences professionnelles

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

36- Mon travail demande de travailler très vite

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

37- Mon travail demande de travailler intensément

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

38- On me demande d'effectuer une quantité de travail excessive

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

39- Je dispose du temps nécessaire pour exécuter mon travail

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

40- Je reçois des ordres contradictoires de la part d'autres personnes

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

41- Mon travail nécessite de longues périodes de concentration intense

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

42- Mes tâches sont souvent interrompues avant d'être achevées, nécessitant de les reprendre plus tard

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

43- Mon travail est très « bousculé »

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

44- Attendre le travail de collègues ou d'autres départements ralentit souvent mon propre travail

pas du tout d'accord = 1 ? pas d'accord = 2 ?
d'accord = 3 ? tout à fait d'accord = 4 ?

45- Mon supérieur se sent concerné par le bien-être de ses subordonnés

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

46- Mon supérieur prête attention à ce que je dis

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

47- Mon supérieur m'aide à mener ma tâche à bien

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

48- Mon supérieur réussit facilement à faire collaborer ses subordonnés

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

49- Les collègues avec qui je travaille sont des gens professionnellement compétents

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

50- Les collègues avec qui je travaille me manifestent de l'intérêt

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

51- Les collègues avec qui je travaille sont amicaux

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

52- Les collègues avec qui je travaille m'aident à mener les tâches à bien

pas du tout d'accord = 4 ? pas d'accord = 3 ?
d'accord = 2 ? tout à fait d'accord = 1 ?

Score latitude décisionnelle

(somme de 27 à 35)

Score demandes psychologiques

(somme de 36 à 44)

Score soutien social

(somme de 45 à 52)

Partie 4 : Poste de travail

4.1 Ambiances physiques

53- Eprouvez-vous parfois la sensation de **Bruit** :
oui = 2 ? non = 1 ?

54- Si oui, cela vous gêne t-il dans l'exécution de votre travail ? non concerné = 9 ?
Pas du tout |-----| Beaucoup

4.2 Vécu du travail

55- S'agit-il d'un travail à la chaîne ? non = 1 ? oui = 2 ?

Selon le contexte

56- Estimez-vous qu'il y a des bons et des mauvais postes ?
Non = 1 ? Oui = 2 ?

57- Si oui, classez les postes dans le tableau ci-dessous et expliquez les raisons pour lesquelles vous considérez les postes bons ou mauvais :

Bons postes	Mauvais postes	Pour quelles raisons ?

58- Jugez-vous votre travail intéressant ?

pas du tout |-----| très

59- Comment jugez-vous la complexité de votre travail ?

faible |-----| forte

Selon vous

60- La contrainte de temps lors du travail est

inexistante |-----| insupportable

61- Les gestes de travail sont-ils répétitifs ?

pas du tout |-----| très

62- La cadence est-elle

lente |-----| très rapide

63- La force musculaire requise est-elle

faible |-----| très grande

64- Le travail nécessite-t-il des mouvements précis et très fins ?

pas du tout |-----| très

65- Après votre travail, la fatigue musculaire dans les membres supérieurs est :

inexistante |-----| très forte

66- Portez-vous des charges pendant votre travail ?

jamais ou presque jamais = 1 ?

quelquefois = 2 ?

souvent = 3 ?

très souvent = 4 ?

67- Selon vous, au cours de votre travail, la température de vos mains est-elle ?

ni chaude ni froide = 1 ? plutôt chaude = 2 ?

plutôt froide = 3 ?

68- La pression que vous exercez sur l'objet travaillé est-elle :

très faible = 1 ?

faible = 2 ?

moyenne = 3 ?

forte = 4 ?

très forte = 5 ?

69- Lorsque vous êtes arrivé, au bout de combien de temps avez-vous atteint la cadence ?

en moins d'une semaine = 1 ?

entre une semaine et un mois = 2 ?

en au moins un mois = 3 ?

jamais = 4 ?

70- Avez-vous la possibilité d'agir sur le rythme de travail ?

oui = 2 ? non = 1 ?

4.3 Outils et organisation du poste de travail

71- Trouvez-vous votre poste de travail encombré ?

Pas du tout |-----| Beaucoup

Selon le contexte

Quels sont les 3 outils les plus pénibles que vous utilisez ?

72-

Pourquoi ?

.....

.....

73-

Pourquoi ?

.....

.....

74-

Pourquoi ?

.....

.....

75- Selon vous, l'un ou plusieurs des outils que vous utilisez vibrent-ils ?

pas du tout = 1 ? un peu = 2 ?

beaucoup = 3 ? non concerné = 9 ?

76- Quels sont les outils vibrants ?

.....

.....

77- Cette vibration vous gêne-t-elle

pas du tout = 1 ? un peu = 2 ?

beaucoup = 3 ? non concerné = 9 ?

4.4 Equipements de protection individuelle

78- Portez-vous des gants ?

oui = 2 ? non = 1 ?

79- Si oui, vous les portez :

Toute la journée = 1 ? occasionnellement = 2 ? Non concerné = 9 ?

80- Si oui, indiquez les types de gants portés : Non concerné = 9 ?

.....

.....

Partie 5 : Utilisation des commandes bimanuelles

5.1 Conditions d'utilisation des commandes bimanuelles

91- Depuis combien de temps utilisez-vous des commandes bimanuelles ?

.....

92- Sur une journée type quelle est, en moyenne, la fréquence d'utilisation des commandes bimanuelles ? (nombre de fois / minute)

< 1 fois / minute = 1 ?

1 à 2 fois / minute = 2 ?

3 à 5 fois / minute = 3 ?

> 5 fois / minute = 4 ?

93- Avec quelles parties du corps appuyez-vous sur les commandes bimanuelles ? Précisez

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5.2 Types de commandes bimanuelles

94- Combien de types de commandes bimanuelles avez-vous déjà utilisé ?

.....

95- S'il y en a plusieurs, pouvez-vous décrire les types de commandes bimanuelles utilisées ?

.....
.....
.....

96- Quel est le type de commandes bimanuelles que vous préférez ? pourquoi ?

.....
.....

97- Quel est le type de commandes bimanuelles que vous aimez le moins ? pourquoi ?

.....
.....

5.3 Vécu de l'utilisation des commandes bimanuelles

98- Comment jugez-vous, globalement, le confort d'utilisation des commandes bimanuelles ?

très mauvais |-----| très bon

99- L'effort exercé lors de l'utilisation des commandes bimanuelles, est-il

très faible |-----| très important

Si vous avez déjà utilisé des commandes bimanuelles tactiles / optiques,

100- L'espace prévu pour l'insertion du doigt vous semble

Très insuffisant = 1 ?

insuffisant = 2 ?

Suffisant = 3 ?

trop important = 4 ?

Non concerné = 9 ?

101- D'après vous, l'utilisation des commandes bimanuelles dans votre activité de travail entraîne :

Une perte de temps = 1 ?

une pause = 2 ?

Autre = 3 ? Précisez

102- Pensez-vous que l'utilisation des commandes bimanuelles soit justifiée, du point de vue de la sécurité ?

Non = 1 ?

Oui = 2 ?

Pourquoi ?

.....
.....
.....
.....

103- Etes-vous gêné lors de l'utilisation des commandes bimanuelles ? pourquoi ?

.....
.....
.....
.....

104- Est-ce que l'usage simultané des deux mains est un soucis ?

.....
.....
.....
.....

A propos des boutons poussoir :

105- Leur forme vous convient-elle ?

Pas du tout |—————| Beaucoup

106- Leur taille vous convient-elle ?

Pas du tout |—————| Beaucoup

107- Leur revêtement vous convient-il ?

Pas du tout |—————| Beaucoup

108- Leur positionnement vous convient-il ?

Pas du tout |—————| Beaucoup

109- Au global, quels sont les aspects négatifs des commandes bimanuelles que vous utilisez ?

.....
.....
.....

5.4 Dysfonctionnements lors de l'utilisation des commandes bimanuelles

110- Existe t-il des dysfonctionnements relatifs à l'utilisation des commandes bimanuelles ?

Non = 1 ?

Oui = 2 ?

Si oui,

111- D'après vous à quoi sont-ils du ? (altération des commandes bimanuelles, mauvaise utilisation...)

Non concerné = 9 ?

.....
.....

112- Ces dysfonctionnements vous font-ils perdre du temps ?

Non concerné = 9 ?

Pas du tout |—————| Beaucoup

113- Existe t-il d'autres conséquences de ces dysfonctionnements sur votre travail ?

Non = 1 ?

Oui = 2 ?

Non concerné = 9 ?

114- Si oui, lesquelles ?

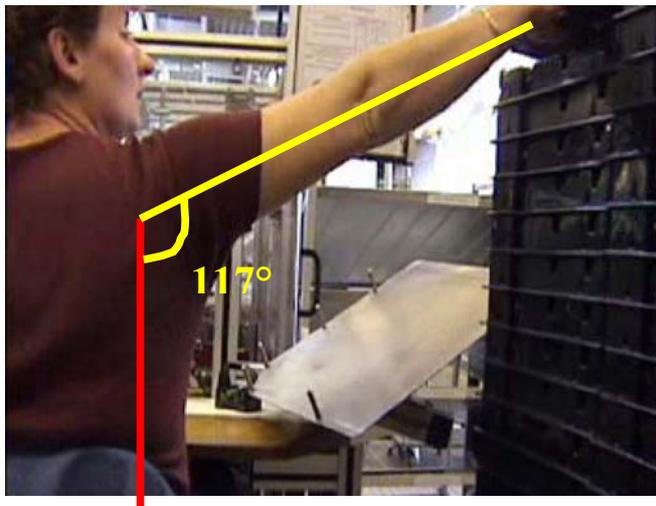
Non concerné = 9 ?

.....
.....

Annexe 8 : Photographies illustrant des positions articulaires extrêmes

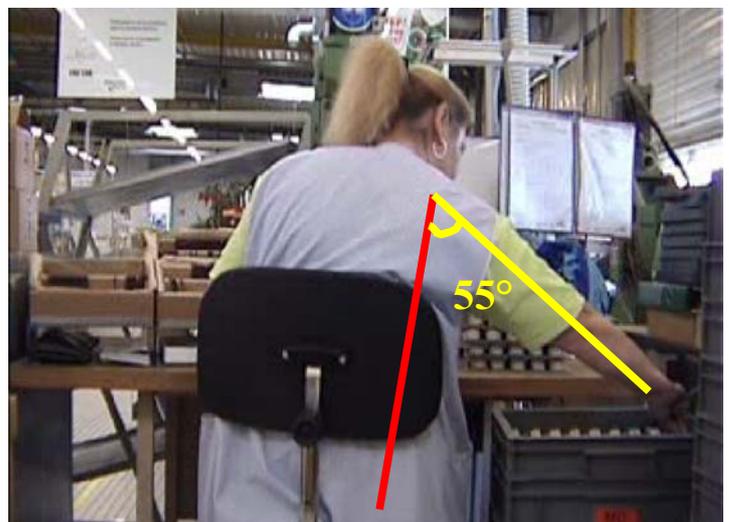
Epaules

Poste vrillage diode – résistance :
Rétropulsion de l'épaule

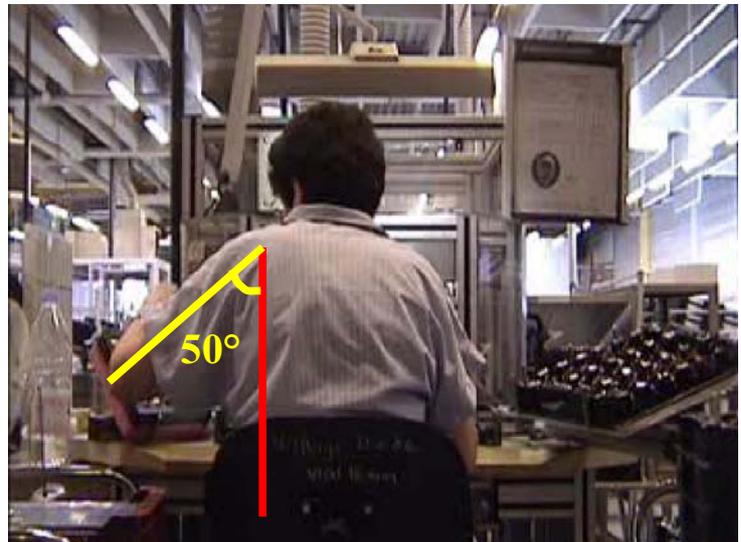


Poste vrillage diode :
Abduction de l'épaule

Poste cambrage connexions :
Abduction de l'épaule



**Poste vrillage diode :
Abduction de l'épaule**



✚ Poignets



**Poste vrillage diode :
Déviation cubitale des poignets**

**Poste vrillage diode - résistance :
Extension du poignet**



Annexe 9 : Diversité des commandes bimanuelles

Postes des divers
(commandes bimanuelles encerclées)



Poste de vissage
(commandes bimanuelles en vert)



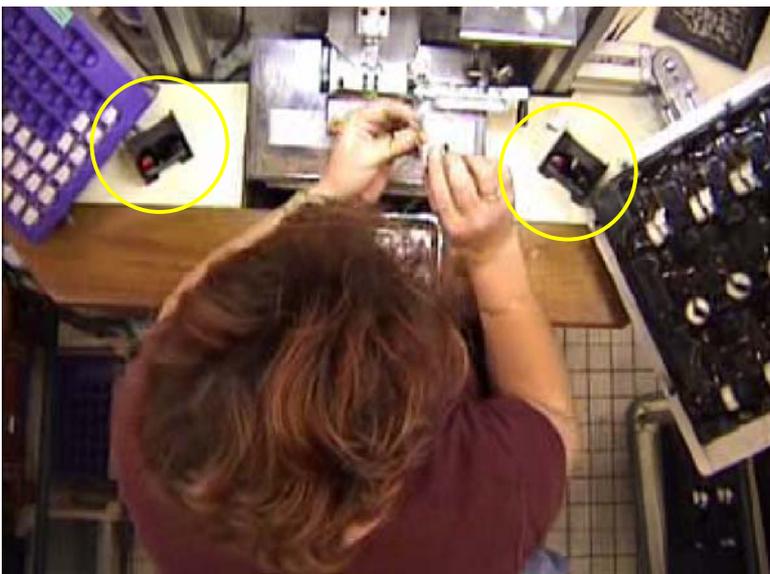
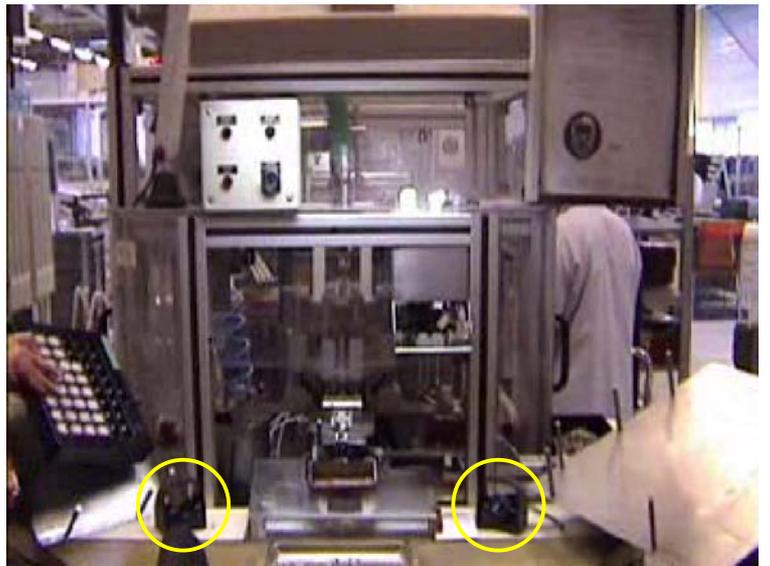
Poste d'assemblage des têtes
(commandes bimanuelles encerclées)





Poste des divers
(commandes bimanuelles encerclées)

Poste vrillage diode
(commandes bimanuelles encerclées)



Résumé

Dans le cadre de ses missions d'assistance pour la prévention des TMS du Membre Supérieur, l'INRS a été sollicité, à maintes reprises, pour étudier la possible relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS. Cette question émanait à la fois de CRAM et de représentants des employeurs et des salariés et. Par ailleurs, ces dernières années, les commandes bimanuelles ont fait l'objet d'une évolution technologique destinée, selon les fabricants, à réduire les TMS. Pourtant, les données bibliographiques documentant l'approche ergonomique des commandes bimanuelles, anciennes ou nouvelles, sont manquantes. Les commandes bimanuelles sont des dispositifs de sécurité permettant d'éloigner les mains de l'opérateur d'une zone dangereuse. Leur utilisation est toujours incluse dans une activité de travail globale. Par conséquent, l'étude de ce dispositif de commandes ne peut se faire sans analyser l'ensemble de l'activité de travail qui l'entoure et qui construit son contexte d'utilisation. L'étude a été conduite dans deux entreprises, permettant ainsi l'analyse de divers contextes d'utilisation et de plusieurs types de commandes bimanuelles. Les résultats montrent que les commandes bimanuelles peuvent être considérées comme un outil de travail, leur utilisation nécessitant en effet, un temps non négligeable, présentant ainsi une véritable action au sein du cycle de travail. L'utilisation des commandes bimanuelles ne semble pas être un facteur de risque de TMS, mis à part dans certains contextes particuliers. Cependant la présente étude ne permet pas de conclure définitivement sur la relation entre l'utilisation des commandes bimanuelles et l'apparition de TMS, mais elle dégage des pistes de réponses et de réflexions sur cette nouvelle demande.

Commandes bimanuelles

Troubles musculosquelettiques

Dispositif de sécurité

Analyse d'activité