

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES – C.E.C.A.

RECHERCHES DE PHYSIOLOGIE
ET DE PSYCHOLOGIE DU TRAVAIL

Facteurs humains et sécurité

(1er et 2e programmes)

Ergonomie

(1er programme)

État des travaux de recherche dans les domaines de la
médecine, de la sécurité et de l'hygiène du travail (au 1er
janvier 1968)

FACTEURS HUMAINS ET SÉCURITÉ – ERGONOMIE

RECHERCHES DE PHYSIOLOGIE
ET DE PSYCHOLOGIE DU TRAVAIL

Facteurs humains et Sécurité

(1er et 2e programmes)

Ergonomie

(1er programme)

État des travaux de recherche dans les domaines de la
médecine, de la sécurité et de l'hygiène du travail (au 1er
janvier 1968)

AVANT-PROPOS

En prenant la relève de la Haute Autorité, la Commission des Communautés européennes a exprimé la volonté de poursuivre les actions entreprises dans le cadre du traité instituant la C.E.C.A. L'effort de promotion a donc été continué pour chacun des programmes de recherche en cours.

Le présent document est consacré à l'état des travaux entrepris dans le cadre des programmes de physiologie et de psychologie du travail, énumérés sous le titre B, a «Facteurs humains et sécurité» et B, b «Ergonomie», dans le tableau figurant en annexe. Ce tableau permettra au lecteur de voir quelle place est prise par ces problèmes dans l'ensemble des actions de promotion menées par la Commission en matière de médecine, hygiène et sécurité du travail.

Par ailleurs, les principes qui guident l'action de la Commission des Communautés européennes et les méthodes qu'elle utilise restent ceux qui ont été exposés en détail dans la publication «Politique de la Haute Autorité dans le domaine de la promotion des études et recherches concernant l'hygiène, la médecine et la sécurité du travail» (1).

A l'intention du lecteur ne disposant pas de cet ouvrage, il est possible de résumer ainsi ces principes et ces méthodes :

- a) Promotion de la santé et de la sécurité des travailleurs par l'acquisition et la diffusion de connaissances pouvant être appliquées :
 - à la prévention des maladies et des accidents du travail;
 - au traitement de leurs manifestations et conséquences;
 - à la réadaptation des travailleurs qui en ont été victimes.

Échanges de vues et d'expériences, recherches et études originales sont suscités et encouragés dans ce but.

- b) Utilisation du prélèvement communautaire pour le financement des recherches et autres initiatives nécessaires, dans le cadre de plans de financement (programmes) de plusieurs années, ayant chacun comme objet un domaine spécifique d'investigation.
- c) Coopération étroite avec les organisations professionnelles et les services gouvernementaux intéressés, aussi bien lors de la préparation des programmes que pendant leur déroulement et dans la diffusion des résultats.

F. VINCK
Directeur général

(1) Service des publications des Communautés européennes, Luxembourg, 1966.

SOMMAIRE

	Page
Introduction	11
Les facteurs humains et la sécurité	13
Le 1er programme «Facteurs humains et sécurité»	13
Le 2e programme «Facteurs humains et sécurité»	13
– Les recherches individuelles	14
– Sélection	14
– Formation	15
– Protection individuelle	19
– Aménagement des tâches : action sur l’environnement	22
– Aménagement des tâches : action sur l’organisation	24
– Les recherches sur invitation	27
– La sécurité en relation avec l’organisation et la structure de l’entreprise	27
– L’efficacité de certains moyens de propagande pour la sécurité (affiches)	27
Ergonomie	29
Le 1er programme de recherche «Ergonomie»	29
– Les recherches individuelles	30
– Charge de travail	30
– Biomécanique et contraintes posturales	33
– Activités mentales	36
– Fatigue mentale	38
– Travail à la chaleur	40
– Travail au bruit	43
– Vibrations	46
– Applications ergonomiques	47
– Les recherches sur invitation	49
– La charge mentale dans le travail	49
– Le travail à la chaleur (étude des vêtements de protection)	51
– Le travail continu dans la sidérurgie	52
– Le vieillissement	52
– La recherche communautaire ergonomique (études et applications ergonomiques dans les industries minière et sidérurgique)	52

	Page
Annexes	54
I – Tableau des programmes de recherche	55
II – Programme de physiologie et de psychologie du travail	57
a) 2e programme «Facteurs humains et sécurité»	57
b) 1er programme «Ergonomie»	58
III – Liste des recherches en cours du programme de physiologie et de psychologie du travail	61
a) 2e programme «Facteurs humains et sécurité»	61
b) 1er programme «Ergonomie»	63

Introduction

Le précédent état des travaux avait donné, dans son introduction, un bref aperçu de l'action menée dans le domaine de la physiologie et de la psychologie du travail; puis, pour des raisons de commodité, il avait présenté séparément les travaux des trois programmes, les uns relatifs aux Facteurs humains et à la Sécurité, l'autre relatif à l'Ergonomie. Cette distinction sera maintenue dans le présent état des travaux.

Mais il est bon de rappeler l'unité profonde qui existe entre ces deux aspects de l'étude de l'activité professionnelle. Déjà, cette unité avait conduit à concevoir les deux derniers programmes comme les volets complémentaires d'une action d'amélioration préventive des conditions du travail. L'expérience des deux dernières années a confirmé cette unité, qui devra vraisemblablement se concrétiser par une mise en commun des travaux des deux programmes sous le thème de «l'étude de l'homme au travail». Cette orientation se justifie par le souci de contribuer à améliorer l'économie sociale, au sens large, en cherchant à donner des solutions à l'insatisfaction et à l'inquiétude qui se manifestent devant l'évolution technologique. Sous l'angle des applications de la psychologie industrielle à l'adaptation de l'homme à son travail, il s'agit d'aider le personnel, à tous les niveaux, à s'insérer dans le milieu de travail. Le développement technologique ne peut être obtenu que si les problèmes humains qui l'accompagnent sont résolus; en même temps, le personnel ne peut trouver dans son travail une satisfaction réelle que s'il peut apporter une participation au fonctionnement du système productif. Sous l'angle des applications de la physiologie et de la psychologie à l'adaptation du travail à l'homme, il s'agit de fournir aux techniciens des données précises, en ce qui concerne les capacités et tolérances humaines, en vue d'un aménagement optimal du milieu de travail et des équipements de production, afin de réduire les contraintes et de rendre les fonctions plus efficaces.

Les facteurs humains et la sécurité

Le 1er programme «Facteurs humains-sécurité»

Le précédent état des travaux avait rappelé l'orientation générale du 1er programme de recherche consacré aux facteurs humains et à la sécurité ⁽¹⁾ dont les recherches ont été complètement terminées en 1966.

Au cours de 1967, trois ouvrages ont été diffusés. Le premier, intitulé «Les facteurs humains et la sécurité, étude documentaire», résume l'état des connaissances relatives à ce problème antérieurement aux recherches du 1er programme. Le deuxième, intitulé «Les facteurs humains et la sécurité dans les mines et la sidérurgie», résume les résultats acquis grâce aux recherches individuelles du 1er programme-cadre. Le troisième fournit, sous forme de rapports nationaux, le résultat des 11 recherches individuelles qui ont composé la recherche communautaire sur la sécurité.

En outre, deux ouvrages intitulés respectivement : «Recherche communautaire sur la sécurité dans les mines et la sidérurgie – Étude n° 4 : Synthèse des recherches menées dans la sidérurgie» et «Recherche communautaire sur la sécurité dans les mines et la sidérurgie – Étude n° 5 : Synthèse des recherches menées dans les charbonnages et les mines de fer» ont été remis à l'impression après avoir fait l'objet d'une première diffusion provisoire dans les milieux professionnels et scientifiques. Ils fournissent les résultats de cette recherche.

Il appartient maintenant aux milieux intéressés de s'appuyer sur ces différents documents pour en tirer les conclusions et les applications pratiques au niveau des entreprises.

Le 2e programme «Facteurs humains-sécurité»

Les lignes générales du programme et la liste de recherches ont été fournies dans l'état des travaux au 1er janvier 1967 ⁽²⁾. On se souvient des thèmes essentiels qui ont été retenus : la sélection, la formation, les moyens de protection, les problèmes de perception et d'information, la charge de travail et les situations de travail en relation avec la sécurité.

⁽¹⁾ Recherches de physiologie et de psychologie du travail – Facteurs humains et sécurité – Ergonomie – État des travaux de recherche dans le domaine de la médecine, de la sécurité et de l'hygiène du travail au 1er janvier 1967 – C.E.C.A., Luxembourg 1967, p. 13, 14 et annexe 1.

⁽²⁾ Recherches de physiologie et de psychologie du travail – Facteurs humains et sécurité – Ergonomie – État des travaux de recherche au 1er janvier 1967 – C.E.C.A., Luxembourg, 1967, p. 14 à 18 et annexe 2.

Les problèmes de sélection et de formation prennent un relief particulier à la lumière des recherches du premier programme. Ces recherches ont montré l'influence d'une bonne adaptation professionnelle sur la sécurité, d'où la nécessité de la détection des aptitudes professionnelles et de la préparation suffisante aux différentes tâches. Elles ont en outre montré l'importance des attitudes non seulement à l'égard du travail, mais aussi à l'égard de l'entreprise. D'où la nécessité d'agir sur les attitudes à l'égard des situations et des contraintes créées par le travail, et de favoriser l'éducation et la culture industrielles, afin d'aider le personnel à mieux comprendre le milieu industriel dans lequel il doit prendre place, pour qu'il soit en mesure de collaborer à sa construction.

Les recherches individuelles

Les 13 recherches engagées en 1966 se sont poursuivies normalement (1). En outre, 3 nouvelles recherches ont été adoptées. Voici un résumé succinct des travaux en cours (2).

Sélection

Les recherches de ce groupe ont pour but de faciliter la détection de meilleures aptitudes professionnelles dont les recherches du 1er programme-cadre ont montré qu'elles sont un facteur de sécurité.

- a) Dans la sidérurgie allemande, le Dr G. Bäumlér essaye d'établir et de valider une série de tests pour la sélection des travailleurs appelés à exercer des activités de surveillance dans l'industrie.

Au cours des 6 premiers mois, le travail de recherche a surtout porté sur la définition de la méthode, l'exécution et l'exploitation d'essais préliminaires.

Parmi ces études préliminaires, on souligne 4 tests de vigilance acoustique grâce auxquels ont été identifiées les conditions optimales pour l'exécution du travail, la recherche de tests de performance pour apprécier les différentes capacités, la mise au point d'un questionnaire de personnalité en 550 points et permettant de mesurer certains facteurs de personnalité concernant surtout le comportement au travail.

On a en outre mis au point 4 tests visuels de vigilance qui seront utilisés au cours de la recherche définitive.

Le but de la recherche sera d'étudier la corrélation entre 8 tests de vigilance et le système de tests de performance. Les résultats devront donner une certaine information sur l'existence éventuelle d'un facteur de vigilance.

- b) Dans la sidérurgie française, le Dr Cantiant étudie la détection des aptitudes spécifiques pour les postes de pontonniers et de grutiers.

(1) Quinze recherches avaient été adoptées en 1966, mais deux n'ont pas pu être entreprises (rech. n° 2/011, Kahn; rech. n° 12/010, Molitor).

(2) Ce résumé est établi sur la base des rapports fournis par les Prs Cesa-Bianchi et Koekebakker

La recherche entreprise a pris comme point de départ le test du «balancier» qui a été construit au laboratoire de psychologie appliquée de Metz et mis au point au service médical de la Société des aciers de l'Est, à Hagondange.

Le test part de l'hypothèse que l'aptitude à conduire correctement une grue dépend de la capacité à neutraliser les mouvements pendulaires.

En outre, trois tests ont été mis au point :

- Test M-O – réactif où l'aptitude recherchée est la capacité d'agir au moment précis où un certain mouvement peut être exécuté toutes les fois que ce mouvement est possible dans les marges de sécurité permises.
- Test de surcharge – il vise à étudier le comportement des sujets soumis à une pression de travail tendant à la saturation.
- Test de poursuite ou de rééquilibration – un indicatif se déplace sur un cadran linéairement de façon irrégulière. La tâche du sujet sera soit de faire revenir le signal à sa position précédente (rééquilibration), soit de rejoindre l'aiguille indicatrice à l'aide d'une autre aiguille (poursuite).

Formation

Les recherches de ce groupe portent sur les moyens propres à augmenter la prise de conscience des problèmes de sécurité, à créer des attitudes favorables et à faciliter le dialogue entre les responsables et le personnel. Les recherches du 1er programme ont en effet montré l'importance de ces facteurs pour la sécurité.

- a) Aux Pays-Bas, le Dr Jongh étudie l'éducation en matière de sécurité dans l'enseignement technique primaire en relation avec les problèmes de sécurité que les jeunes rencontreront plus tard dans les entreprises.

En premier lieu, *l'éducation théorique en matière de sécurité* à l'école technique primaire dans les branches du travail du bois et des métaux, 2e et 3e années, satisfait à un certain nombre de principes didactiques et psychodidactiques. Au demeurant, il y a fréquemment de sensibles différences entre les enseignants d'un seul et même établissement.

Les leçons ayant été l'objet d'observations se caractérisent par un pourcentage élevé de transmission de connaissances, l'enseignant faisant un exposé sur la matière tandis que les élèves l'écoutent. Ce type d'enseignement a probablement un effet didactique assez considérable en ce qui concerne la transmission des connaissances, mais il est insuffisant lorsqu'il s'agit, dans le domaine de l'éducation en matière de sécurité, d'apprendre des attitudes et des comportements. Il serait intéressant de rechercher dans quelle mesure les leçons pratiques en matière de sécurité pallient cette insuffisance.

Il ressort de la recherche sur les contacts avec l'industrie (qui conditionnent la mise en pratique de l'éducation en matière de sécurité dans la vie professionnelle) que ces contacts n'existent guère sous une forme organisée. Peu d'enseignants participent à des visites d'entreprises, à des stages dans une entreprise ou à des cours, mais nombreux sont, parmi eux, ceux qui considèrent que de tels contacts sont souhaitables.

Les enseignants souhaitent aussi de plus nombreux contacts avec les écoles d'entreprise. Nous pensons que de tels contacts porteraient leurs fruits non seulement pour l'éducation en matière de sécurité, mais pour tous les autres cours.

Relativement peu d'enseignants déclarent que leurs contacts avec l'industrie les incitent à modifier leur enseignement en matière de sécurité. Or, les enseignants qui mentionnent une grande dose de «rétroaction» (feed-back) sont précisément ceux qui ont de nombreux contacts; cela devrait inciter à amplifier les contacts entre les enseignants et l'industrie. En même temps, on pourrait plus délibérément tirer profit de ces contacts dans l'intérêt du feed-back.

Les avis sur la sécurité dans les entreprises sont assez peu favorables dans les écoles techniques primaires. L'incidence d'une telle opinion sur l'éducation en matière de sécurité n'a pas encore pu être établie et l'on n'a constaté aucune relation entre ladite opinion et le nombre des contacts, du moins en ce qui concerne les enseignants.

On a constaté que l'habileté didactique de ceux-ci était fonction de l'ampleur des contacts et de la rétroaction ainsi que de leur opinion sur la sécurité dans les entreprises. Il est possible que les motifs qui poussent l'enseignant à faire son travail constituent un facteur en l'occurrence. Plus ces motifs sont affirmés, plus élevé sera son score pour chacune des variables considérées.

Entre directeurs, enseignants et élèves, il y a peu de concordance en ce qui concerne l'ampleur des contacts avec les entreprises et les opinions concernant celles-ci.

Cela semble indiquer que les activités communes et les conversations d'intérêt commun concernant ces problèmes sont peu nombreuses.

On a l'impression que, dans les écoles techniques primaires, l'industrie ne constitue pas vraiment un centre d'intérêt. Elle y joue un rôle, certes, mais d'une manière irrégulière; souvent même, elle y semble considérée comme un monde qui reste à l'arrière-plan, que l'on cherchera à connaître plus tard. Même lorsqu'on considère l'école technique primaire comme un stade préparatoire de formation professionnelle, on peut se demander si elle ne devrait pas attacher une importance plus grande aux mutations qui s'opèrent dans l'industrie.

En deuxième lieu, dans le cadre d'un certain nombre de recherches sur l'éducation en matière de sécurité dans les écoles techniques primaires (LTS), on a étudié *la matière enseignée du point de vue de la sécurité aux cours du travail du bois et des métaux (leçons d'outillage)*.

Outre une description de cette matière, telle qu'elle est enseignée dans 12 écoles techniques primaires choisies au hasard, on a également effectué une comparaison qui a été soumise à l'avis de deux «jurys» constitués chacun de 10 personnes appartenant à l'industrie du bois ou du métal.

Une troisième opération (mesure de la quantité, de la diversité et du caractère pertinent de l'enseignement de chaque enseignant en matière de sécurité) n'a pu être effectuée en raison de l'imperfection des méthodes de mesure utilisées.

Mais on a élaboré un indice qui représente l'importance attribuée par l'ensemble des enseignants du travail du bois et par l'ensemble des enseignants du travail des métaux au contenu de leur cours.

Pour les enseignants du travail du bois, cet indice ne concordait pas avec l'opinion du jury sur l'importance de la matière considérée; pour les enseignants du travail des métaux, une certaine corrélation a été trouvée avec ladite appréciation.

Cela étant, et compte tenu aussi de la constatation que les contacts entre écoles techniques primaires et entreprises laissaient à désirer, les résultats de la présente recherche plaident en faveur d'un renforcement de ces contacts. Ce n'est que par des consultations mutuelles que les écoles techniques primaires et l'industrie pourront aboutir à une appréciation correcte de l'importance des matières d'enseignement considérées.

- b) Dans les mines belges, le Pr Bolle de Bal et M. Feldheim étudient la formation professionnelle, et particulièrement celle des travailleurs étrangers, dans ses rapports avec la sécurité.

L'objet de la recherche s'est concentré au cours de la première phase sur la formation du personnel de maîtrise en matière de sécurité. Alors qu'on ne constate aucun fait nouveau en ce qui concerne la formation du personnel subalterne, une activité considérable a été déployée dans le domaine de la formation des agents de maîtrise à l'aide de nombreuses formes d'approche nouvelles.

En premier lieu, il apparaissait important d'inventorier ces types nouveaux de formation par une recherche comparative dans un certain nombre d'entreprises. Un questionnaire a été établi à cette fin pour guider les entretiens avec les cadres de ces entreprises. Des informations peuvent ainsi être recueillies sur la sélection, la description des tâches et la formation des surveillants; par ailleurs, le problème est également étudié en relation avec la «sécurité».

En deuxième lieu, on étudie les modifications provoquées par un cours de formation dans un charbonnage déterminé. Dans cette «case-study» approfondie des effets de ce cours d'une semaine, inspiré de méthodes didactiques modernes et traitant de sujets nombreux, une attention peu explicite est accordée au sujet «sécurité», mais les cas présentés permettent dans une large mesure d'évoquer les problèmes de sécurité.

Pour apprécier les effets de ce type de cours, on s'efforce, d'une part, d'appliquer des critères valables de mesure, d'autre part, d'apprécier les modifications intervenues. C'est ainsi qu'une partie des travaux consiste à rechercher des critères objectifs, comme les statistiques d'accidents. A côté de cela, on définira un certain nombre de références objectives pour faire apparaître les effets de la formation (respect des prescriptions existantes et plus large vue sur les hommes et les situations). D'autre part, certaines tâches seront imposées, à l'occasion desquelles il conviendra d'assainir des situations dangereuses.

Les effets de la formation n'ayant un sens que lorsqu'ils ne s'évanouissent pas trop rapidement, l'étude d'évaluation portera sur plusieurs intervalles de temps. C'est en raison notamment de ces aspects «longitudinaux» qu'un groupe de com-

paraison formé de cadres d'une autre entreprise sera également inséré dans la recherche.

- c) Dans la sidérurgie italienne, le Pr Iacono cherche à améliorer le degré de communication entre les cadres et leurs subordonnés.

Sur la base d'une étude de la littérature et d'interviews libres effectuées dans l'entreprise choisie, on a mis au point une hypothèse générale devant donner lieu à un certain nombre d'hypothèses de travail. L'hypothèse générale attribuait notamment les situations d'accident à l'incapacité des cadres de voir les relations de travail d'une manière objective. Cette incapacité dépendrait des variables suivantes :

- différenciation insuffisante entre le « moi » et l'« autre généralisé »;
- dispersion cognitive ne s'accompagnant pas d'une objectivation de la situation;
- différenciation insuffisante des zones périphériques de la personnalité.

Les hypothèses partielles qui permettent de préciser la relation entre ces variables et l'incapacité de voir les relations de travail d'une manière objective sont fondées sur des théories psychanalytique, cognitive et culturelle.

Pour la manipulation des variables, on a envisagé les méthodes suivantes :

- brèves analyses thérapeutiques de groupes (cf. Bion-Foulkes);
- méthodes de discussion pour l'élimination des dispersions et des dissonances;
- utilisation de tâches pour inciter à des attitudes de travail plus fonctionnelles.

Dès que les instruments requis auront été mis au point et que le schéma de recherche aura été établi, la recherche proprement dite pourra débuter. Celle-ci prendra en un certain sens la forme d'une expérience *in situ* au cours de laquelle les sujets d'expérience recevront un enseignement pratique et théorique. En manière de préparation, l'institut a déjà organisé un séminaire sur l'« application d'une influence expérimentale sur les attitudes », à laquelle des représentants de l'entreprise considérée ont également participé.

- d) Dans la sidérurgie italienne, le Pr Spaltro étudie les effets psychologiques de la formation des cadres.

La recherche doit inclure la mesure des variables-critères suivantes : perception du risque et tendance au risque, désirabilité personnelle et sociale, degré de socialisation, perception de l'autorité. Ces effets seront étudiés grâce à des tests particuliers.

Il s'agit donc de réaliser les opérations suivantes :

- Effectuer une recherche sur les motivations auprès des cadres d'un établissement.
- A partir des résultats de cette recherche, réaliser des moyens audio-visuels permettant de former les cadres à la sécurité.
- Avant d'appliquer aux cadres ces moyens audio-visuels, mesurer les 4 variables-critères auprès 1° des cadres (environ 100), 2° d'un échantillon représentatif des ouvriers (environ 200).
- Appliquer simultanément ou successivement aux cadres les moyens audio-visuels mentionnés au deuxième point.

- Mesurer les 4 variables-critères chez les deux échantillons visés au point 3 à un écart de temps convenable de l'application des moyens audio-visuels.
- Élaborer et traiter les données recueillies.

Protection individuelle

Ces recherches tendent à améliorer l'utilisation des moyens de protection individuelle soit par une modification des attitudes à l'égard de ces moyens – et parfois plus généralement à l'égard de la sécurité – soit par une amélioration technologique aboutissant à un emploi plus commode.

- a) Dans les charbonnages belges, le Dr de Cock cherche à mettre en lumière l'influence respective des directives traditionnelles et des normes définies par le groupe de travail sur le port des moyens de protection.

Cette recherche fait partie d'un programme plus vaste du «Centre d'études psycho-médico-social» de Louvain sur les processus de décision. L'étude porte sur des décisions qui présentent un caractère autonome ou dépendent d'autres éléments. Elle s'étend d'autre part à l'influence de ces deux catégories de décisions sur le comportement. En troisième lieu, elle comporte une analyse approfondie des motifs conscients, inconscients et préconscients à l'origine d'une décision.

L'objet essentiel de la présente recherche est de déterminer si l'influence traditionnelle au moyen de directives a d'autres effets que des normes définies par le groupe lui-même. A cette fin, un certain nombre de groupes seront soumis pendant une période de formation à l'influence (traditionnelle) sous dépendance, tandis qu'une autre série de groupes devra découvrir et définir elle-même, par la voie de discussion en groupe, les directives à appliquer. Une troisième série fera office de groupe de contrôle et ne sera donc pas influencée.

Au cours de la première phase de ces recherches, les contacts avec la mine considérée ont été soigneusement établis. Les chercheurs se sont familiarisés avec le domaine de travail et ont effectué d'autre part une analyse du nombre des accidents au cours des dernières années. L'insuffisance du sondage étant apparue comme l'une des principales causes d'accidents (chutes de pierres), ce problème sera pris pour thème d'application de l'influence. L'avantage de ce thème est notamment d'avoir une signification pratique et de laisser la voie ouverte à une large amélioration.

Les variantes suivantes sont prévues dans la recherche :

- (dépendance) les normes relatives au sondage sont communiquées par le chef au cours d'un exposé;
- (interdépendance) au cours d'une discussion en groupe de travail, les travailleurs définiront eux-mêmes les normes à appliquer;
- (aucune influence) le comportement des travailleurs concernés en matière de sondage fait l'objet d'une observation et d'une enquête et est à nouveau étudié après application de l'influence (dépendance ou interdépendance). On enregistrera également un certain nombre d'autres variables (niveau de formation, degré de cohésion du groupe, etc.) et celles-ci seront prises en considération lors de l'examen des résultats.

Au cours de la phase écoulée de la recherche, une attention particulière a été consacrée à la méthode qui permettrait de mesurer d'une manière aussi fidèle que possible le comportement en matière de sondage. Il semble possible d'y arriver en ayant recours à des appréciations par les moniteurs et les surveillants. D'autre part, un questionnaire compréhensible pour les travailleurs a été rédigé. Celui-ci comporte 37 questions permettant chacune 3 à 5 réponses.

On espère inclure dans la recherche une trentaine de groupes et effectuer, à côté des «mesures» antérieures et postérieures à l'application de l'influence, une mesure de contrôle 6 mois après la recherche proprement dite.

- b) Dans la sidérurgie italienne, le Dr Girard étudie l'influence des composantes affectives du rapport travailleurs-entreprise sur l'emploi ou le non-emploi des moyens de protection individuelle.

En ce qui concerne l'interprétation des différences dans l'absentéisme pour cause de maladie, un certain nombre d'hypothèses ont été définies dans un projet antérieur. Celles-ci sont maintenant utilisées pour étudier le lien entre l'attitude et la motivation des travailleurs, d'une part, et l'utilisation des moyens de protection individuelle, d'autre part. On attend d'une telle étude qu'elle fournisse des indications qui permettraient de développer l'emploi de ces moyens. La méthode utilisée sera expérimentée dans la pratique.

Jusqu'ici, trois phases de la recherche ont été menées à bien :

- choix des sujets d'expérience;
- observation de leur comportement au travail;
- interviews.

Dans le choix du domaine de recherche et des sujets d'expérience, il a été tenu compte d'un certain nombre de facteurs tels que : le type de travail, le risque d'accident et l'observabilité du comportement. Après une analyse détaillée de ces données, le choix s'est porté sur une aciérie où le travail s'effectue en trois postes, et où il est possible d'observer un groupe déterminé de 9 à 10 personnes.

Après s'être familiarisé sur place avec le déroulement des opérations et le cycle de travail normal, l'enquêteur a fait un relevé systématique des moyens de protection utilisés pour chaque type de travail. De l'examen des tableaux ainsi constitués, on a pu déduire que les sujets d'expérience se comportaient d'une manière peu différente en ce qui concerne l'utilisation des moyens de protection ayant une fonction instrumentale, comme par exemple les gants. Les variations sont plus grandes pour les moyens qui servent exclusivement à la protection. Les aides-fondeurs, plus jeunes pour la plupart, qui sont plus exposés au danger mais ont eu une meilleure formation, utilisent ces moyens de protection dans une plus large mesure que les fondeurs plus expérimentés.

Au cours de la phase d'interviews, des données sont réunies sur les opinions et les attitudes individuelles à l'égard des moyens de protection, et sur l'usage qui en est fait.

Si certains moyens de protection sont considérés comme fonctionnels, on s'attache à d'autres égards à promouvoir une adaptation rationnelle à la situation de travail et à ses risques variables. De l'analyse plus approfondie de ces données,

il pourrait toutefois ressortir que certains travailleurs, surtout les plus expérimentés, font montre d'une pseudo-rationalité qui est fondée plus sur le sentiment subjectif de sécurité que sur l'utilisation systématique des moyens de protection.

- c) Dans la sidérurgie italienne, une autre recherche, celle du Pr Cesa-Bianchi, analyse le comportement des ouvriers en matière d'utilisation des moyens de protection individuelle et tend à mettre au point une méthode permettant d'obtenir une plus large utilisation de ces moyens.

Après avoir fourni des données aux instituts collaborant à la recherche et à l'entreprise servant de cadre à celle-ci, les chercheurs s'attachent actuellement aux problèmes théoriques et méthodologiques. Avant les interviews prévues dans le plan de recherche, il faut en effet structurer le questionnaire de manière à pouvoir recueillir des informations théoriques valables et éviter la répétition des lieux communs et des stéréotypes.

Les attitudes à l'égard des moyens de protection peuvent se décomposer en une composante cognitive et une composante affective auxquelles il convient d'ajouter – mais pas dans tous les cas – une composante «action». En ce qui concerne la mesure de ces attitudes, on tente de mettre au point des échelles à intervalles qui permettront de déterminer de la manière la plus précise possible la position de l'individu au regard d'une série d'«objets» (Coombs). En vue de la préparation d'un questionnaire, un certain nombre de tableaux ont déjà été établis sur la base de cette opération.

Le groupe de travail a déjà étudié également les théories relatives aux «structures latentes», afin de les adapter en temps opportun aux résultats de leurs observations. Un modèle a été mis au point, qui est à présent expérimenté quant à sa validité. Dans le cadre de l'analyse sur la «structure latente», il sera également fait usage de l'analyse par discriminant.

En outre, on expérimentera par ailleurs la méthode des comparaisons par paires.

Pendant deux mois, certaines données ont déjà été réunies dans l'entreprise qui sera le siège de la recherche; ces données sont pour l'instant classées méthodiquement.

- d) Dans les charbonnages français, l'ingénieur Rameau étudie l'aspect psychologique des problèmes posés par l'utilisation des masques anti-poussières à micro-turbine; il essaye en outre de les améliorer du point de vue de la commodité de l'emploi et de définir une méthode pour obtenir le plus large emploi de ces masques, lesquels ont par ailleurs fait la preuve de leur efficacité.

Un certain temps après la mise en service de ces moyens de protection, il est apparu qu'ils n'étaient pas utilisés régulièrement et/ou efficacement. Les propositions visant à améliorer cette situation étaient fort divergentes. Aussi, la recherche avait-elle pour objet de déterminer les causes de l'insuffisance ou de l'intermittence dans l'emploi de cet appareil.

Des conversations avec des experts ont permis de circonscrire un certain nombre de facteurs pouvant avoir une incidence en la matière. Ces facteurs étaient d'ordre technique, économique, sociologique, physiologique et psychologique.

Il a été décidé, en ayant recours à l'observation et à des enquêtes, d'essayer d'en savoir davantage sur l'emploi du moyen de protection et sur les facteurs qui l'influencent. Vu la multiplicité de ces facteurs, l'étude s'est limitée à un seul type de chantier (les tailles à haveuses) et aux travaux qui étaient effectués. On a pu étudier 8 subdivisions de ce type; ils différaient l'un et l'autre du point de vue du climat, de la teneur en poussières, etc. Quatre catégories de travailleurs ont pu être observées pendant une durée de 150 heures.

Le temps pendant lequel le masque est porté dépend dans une large mesure de la fonction exercée. Mais, même dans le cadre d'une fonction déterminée, le masque est très utilisé pour certaines opérations et peu pour d'autres. A côté de la fonction et de la nature des activités, d'autres facteurs déterminent encore l'usage des masques, par exemple, la durée et la gravité de l'exposition aux poussières produites par les machines, et l'espace libre disponible. Il n'a toutefois pas été possible d'établir des différences individuelles entre travailleurs exerçant des fonctions déterminées. On n'a pas davantage constaté de différence marquante entre les travailleurs qui utilisaient le masque depuis longtemps et ceux qui le possédaient depuis peu de temps.

Aménagement des tâches : action sur l'environnement

Ce thème, comme le suivant, étudie les relations entre l'homme et la *situation de travail*; en effet, on considère qu'après avoir agi au maximum sur les dispositifs techniques de sécurité, il est nécessaire d'adapter les méthodes et postes de travail, les processus eux-mêmes, aux exigences physiologiques et psychologiques du personnel, d'une manière telle que les conditions de l'activité professionnelle rendent de plus en plus improbables les possibilités d'accident.

- a) Aux Pays-Bas, la recherche du Dr Plomp tend à apprécier, en laboratoire et dans la sidérurgie, l'influence de l'ambiance sonore et des bruits parasites sur la possibilité, pour le personnel, de déterminer la direction et l'origine d'un signal sonore.

Le problème qui constitue la trame de la présente étude est celui de la perceptibilité de signaux d'avertissement. Outre la question : «le signal d'avertissement est-il *entendu*?», on étudie le problème suivant : «la *direction* d'où vient le signal d'avertissement est-elle perçue?». Ce dernier point peut avoir de l'importance pour le déclenchement de la réaction correcte à un signal d'avertissement.

D'une manière générale, le sens de la direction repose sur une relation de temps, à savoir le *décalage dans le temps* entre les signaux perçus par les deux oreilles. Il est vraisemblable que le bruit environnant affecte cette relation de temps et influence ainsi d'une façon défavorable le sens de la direction. Les mesures effectuées et décrites ci-après avaient pour objet de définir quantitativement cette influence dans un certain nombre de situations déterminées par des conditions spécifiques.

La méthode de mesure est fondée sur la possibilité de *distinguer* entre deux directions.

L'expérimentateur fait entendre successivement deux signaux identiques venant de deux directions différentes (source 1 et source 2), l'ordre de succession

étant arbitraire et n'étant pas à priori connu de celui qui écoute. On demande à celui-ci d'indiquer l'ordre de succession en se fondant sur ses perceptions. Si l'on répète cette expérience de nombreuses fois avec une seule installation sonore fixe, on obtient un certain *pourcentage* de réponses correctes.

La précision du sens de la direction est fonction de nombreuses variables. Certaines de celles-ci ont été retenues comme paramètres pour les mesures effectuées (durée du signal et intensité du bruit environnant), tandis que d'autres ont été maintenues inchangées. Signalons les caractéristiques suivantes :

signal	– durée	paramètre (10, 30, 100, 300, 1000 milli-secondes)
	– nature	souffle thermique, filtré au moyen d'un filtre d'octave d'une fréquence moyenne de 500 Hz
	– intensité	50dB au delà du seuil d'audibilité
	– direction	les deux directions du signal perçu étaient symétriques par rapport à un axe passant par le sujet d'expérience
bruit environnant	– durée	continue
	– nature	souffle thermique filtré au moyen d'un filtre d'octave d'une fréquence moyenne de 500 Hz
	– intensité	paramètre, défini par référence à l'intensité du signal (5 dB, 0, -5, -10, -15, -20dB et bruit inexistant)
	– direction	45° sur la droite.

Lors des travaux de mesure proprement dits, les signaux et le bruit parasite ont été «présentés» à l'auditeur à l'aide d'écouteurs et non de sources acoustiques placées à une certaine distance. Une certaine *direction d'entrée* est représentée par un *décalage dans le temps* correspondant entre les signaux parvenant aux deux oreilles. Cette méthode permet d'éliminer certains effets éventuels dus à l'interception du bruit par la tête et d'interpréter les résultats sur la seule base du décalage dans le temps entre les signaux perçus par les deux oreilles.

Il est déjà possible de déterminer, avec seulement une marge d'erreur d'environ 20°, la *direction* d'un signal très bref (10 ms) tout juste *perceptible*. Pour les signaux longs, les résultats sont encore un peu plus favorables. Pour les signaux retenus ici et dans les conditions précitées, le sens de la direction semble suffisant lorsqu'il s'agit du rôle d'avertisseur du signal.

Il convient d'attirer l'attention sur un certain nombre de points :

- ces mesures ne donnent des indications qu'en ce qui concerne la distinction gauche-droite. Il ne peut être tiré aucune conclusion concernant la distinction *en aval-en amont*;
- en ce qui concerne la *perceptibilité* du signal d'avertissement, il semble plus avantageux de faire usage de signaux d'une fréquence supérieure à celle des signaux utilisés ici (environ 500 Hz). Le choix d'autres fréquences peut influencer considérablement sur le sens de la direction;

- de brèves interruptions peuvent améliorer la perceptibilité des signaux qui deviennent ainsi plus «frappants»; il est probable que de telles interruptions ont également une influence favorable sur le sens de la direction.

b) Dans les charbonnages français, le Dr Cazamian étudie l'influence de la fatigue sur la capacité de percevoir des signaux avertisseurs de danger. La recherche comprend les phases suivantes : détection de la fatigue auditive chez les travailleurs d'un charbonnage et détermination des conditions de son apparition; mise en évidence et caractérisation des incidences de la fatigue auditive sur la sécurité, notamment en ce qui concerne la perception des signaux sonores avertisseurs de danger; recherche de solutions ergonomiques.

La recherche a été conduite à deux niveaux : 1) au niveau du Centre d'études et de recherches ergonomiques; 2) au niveau des bassins charbonniers.

En ce qui concerne le Centre d'études et de recherches ergonomiques dans les mines, il a été procédé au recueil minutieux et exhaustif de données bibliographiques, à la spécialisation et au perfectionnement des chercheurs, ainsi qu'aux prises de contacts avec les constructeurs de matériel destiné à mesurer et à analyser les milieux bruyants. Ces derniers contacts avaient pour but le choix d'un filtre plus sensible et de registre plus étendu que le filtre dont disposait l'équipe de recherche.

Au niveau des centres miniers, on a mené une campagne audiométrique portant sur une centaine de travailleurs, et effectué de nombreuses mesures du bruit ambiant avec, en dernier lieu, une enquête ayant pour objectif le choix d'un matériel adéquat.

Aménagement des tâches : action sur l'organisation

Ces recherches, comme celles du groupe précédent, sont influencées par les résultats de la recherche communautaire sur la sécurité. Cette recherche, en soulignant les aspects ergonomiques du fonctionnement de l'entreprise, avait montré la nécessité d'améliorer les communications et échanges d'informations entre l'homme et son milieu de travail.

a) En Allemagne, dans son laboratoire universitaire, le Pr Rohmert évalue le degré de sécurité de différentes opérations d'un poste de travail à une presse.

Dans le système homme-machine, la sécurité du travail doit être déterminée par un degré de sécurité. L'accident restant heureusement un événement rare, il était nécessaire, pour les essais sur maquette en laboratoire, de choisir un «système» rapide et où les accidents soient relativement nombreux.

En outre, le poste de travail reconstitué en laboratoire devait se rapprocher le plus possible des conditions réelles de travail, et c'est pourquoi on a choisi le système «presse à excentrique - homme».

L'objectif de la recherche est d'étudier l'influence de la fatigue et de la faculté de concentration sur la sécurité. Une caméra de télévision filme la personne au travail.

D'après les premiers résultats, il n'a pas été possible de démontrer une augmentation du nombre des accidents, même dans des conditions difficiles d'exécution du travail.

Ce phénomène pourrait être dû au fait que l'accroissement du risque est compensé par un sens naturel de la sécurité que possède l'homme.

- b) Aux Pays-Bas, dans son laboratoire universitaire, le Dr Winsemius cherche à voir comment l'interruption d'un mouvement influe sur sa précision et son exactitude.

La phase d'observation une fois terminée, on a élaboré un système qui distingue comme notions fondamentales les «courants» de tâche et les «phases» de tâche.

Les «courants» de tâche peuvent être conçus comme lignes continues représentant les relations de l'homme avec les objets qui interviennent dans son travail; les «phases» de tâche sont des périodes successives au cours desquelles agit chaque fois une certaine combinaison de «courants» de tâche, c'est-à-dire que les objets intervenant dans la tâche ne sont pas seulement présents dans le champ de tâche, mais donnent également lieu pendant un certain temps à des manipulations actives.

Les phases de tâche sont délimitées l'une par rapport à l'autre par le passage à une autre combinaison de «courants» de tâche.

Une analyse plus approfondie de certains accidents donne à penser que ce sont surtout les transitions entre phases des tâches qui constituent les points critiques pour la sécurité des gestes.

Les phénomènes de transition ayant, avec la plus grande probabilité, une incidence possible sur l'apparition d'un comportement imprudent doivent être catalogués respectivement comme «manipulations persistantes» (utilisation d'objets non nécessaires au cours de la phase de travail observée) et comme «catachrèses» (c'est-à-dire usage impropre d'objets).

- c) Dans des entreprises françaises, M. de Montmollin étudie l'influence de la charge de travail et le contenu informatif des signaux et tableaux de commande dans une tâche de contrôle des processus automatisés.

En raison de lenteurs de procédure, la recherche n'a pu commencer administrativement que le 1er janvier 1967. Voici quelques détails sur l'orientation que prendra la recherche.

Dans les postes de travail moderne, où prédominent les tâches de vigilance et de surveillance, le problème de l'équilibrage des postes de travail ne peut plus se résoudre par les techniques simples du bureau des méthodes (chronométrage, M.T.M.,). La charge de travail ne résulte plus d'une simple addition de gestes, mais doit tenir compte de la perception et de l'interprétation de signaux qui se présentent presque toujours de manière aléatoire. Étudier la charge de travail consiste alors à déterminer quels sont les groupements de tâches (perception de signaux et réponse) qui réalisent pour les opérateurs un optimum, c'est-à-dire qui évitent :

- la *surcharge*, c'est-à-dire, en l'occurrence, l'excès momentané de signaux (pouvant aller jusqu'à la simultanéité - «embouteillage»). C'est là probablement une des sources les plus fréquentes d'incidents et d'accidents;

- la *sous-charge*, c'est-à-dire, en l'occurrence, l'absence excessive de signaux, provoquant, comme les travaux maintenant classiques sur la vigilance l'ont montré, une baisse du taux de détection, susceptible elle aussi d'engendrer incidents et accidents.

Par ailleurs, la sous-charge est corrélative de la multiplication des postes qui, en «brisant le travail», tendant à lui ôter intelligibilité et signification.

Le problème s'est d'abord posé, à un niveau très concret, dans différentes industries, conscientes que l'amélioration de la sécurité ne pouvait résulter simplement d'une augmentation des effectifs des «surveillants».

Les premières études sur le terrain ont montré qu'il n'y avait aucun procédé simple pour résoudre facilement ce problème, et qu'il fallait faire appel à une analyse du travail d'un type particulier. Des solutions ont été trouvées, mais elles sont encore assez grossières, et surtout ne paraissent pas susceptibles de généralisation d'une entreprise à l'autre.

L'hypothèse de départ est qu'il est possible de définir un mode de calcul qui permette une prédiction valable et facile de la charge de travail à partir des tâches aléatoires ou non qui sont à effectuer. La méthode générale utilisée sera l'analyse du travail en termes d'information.

Pour une discussion de la charge du travail optimale, il sera utile de rattacher les observations et l'analyse empiriques à un modèle mathématique choisi dans ceux de la classe des «processus de service et d'attente», mais en adoptant une règle «d'attente limitée», en considérant simultanément plusieurs processus de signaux généralement en dépendance mutuelle, en prenant en compte l'importance de la non-réponse.

- d) Enfin, en Allemagne, une recherche engagée en 1967, sous la direction du Pr Merz, examine l'exécution de mouvements volontaires et leur modification en fonction des résultats de l'action.

On se propose de réunir des données pouvant contribuer, lors de la construction de machines, de l'aménagement de postes de travail, etc., à délimiter ce qui est supportable pour l'homme et ce qui ne l'est pas. Ces directives ayant une valeur générale doivent assurer aux travailleurs une économie de mouvements associée à un risque d'accident minimal et à un maximum de précision dans le travail.

Dans le processus de production, homme et machine coopèrent en règle générale de telle manière que ces deux systèmes (homme et machine) forment un tout. Les caractéristiques structurelles du système machine imposent à l'homme des exigences concrètes. Les particularités structurelles de l'homme peuvent répondre plus ou moins bien à ces exigences. Dans le processus moderne de production, l'homme a le plus souvent le rôle d'organe de contrôle et de décision. Il reçoit des informations sur la marche de l'ensemble du système et des indications sur les effets de son activité sur le système; sa capacité de saisir ces informations, de les élaborer et de modifier ses décisions en fonction du résultat détermine le succès de l'ensemble du système homme-machine.

On se propose d'étudier certains aspects des particularités du système homme qui ne sont pas sans importance dans de nombreux processus de travail. Même s'il s'agit d'expériences menées dans l'industrie, la recherche envisagée n'a pas pour but d'étudier certaines conditions de travail particulières, mais des caractéristiques fondamentales du système qui se retrouvent dans de nombreux postes de travail.

Les recherches sur invitation

La sécurité en relation avec l'organisation et la structure de l'entreprise

Le projet de recherche préparé en commun par 4 instituts (Prs Faverge, Leplat, Cesa-Bianchi et Brambilla) a été adopté par la Haute Autorité au début de 1967 et les chercheurs ont commencé leurs travaux en Belgique, en Italie et en France, à la fin de cette même année.

L'efficacité de certains moyens de propagande pour la sécurité (affiches)

Une documentation préparatoire a été rassemblée, mais n'a pas encore été examinée par les experts. On notera que ce thème est également abordé sur le plan des expériences pratiques par l'Organe permanent pour la sécurité dans les mines de houille.

Ergonomie (1er programme)

Le 1er programme de recherche «Ergonomie»

Le précédent état des travaux avait rappelé l'orientation générale de ce premier programme consacré à l'ergonomie. Il vise, d'une part, à encourager des études d'application ergonomique tendant à réaliser l'aménagement optimum des postes caractéristiques des industries minière et sidérurgique dans lesquelles se rencontrent des contraintes diverses : température, bruit, vibrations, pollution, charges psychiques ou mentales; ceci en tenant compte de l'évolution technique, mécanisation, automatisation, nouveaux procédés techniques. Le programme vise, d'autre part, à encourager l'approfondissement de la connaissance des relations entre l'homme et sa condition de travail : exigences et effets psychologiques du travail à court et à long termes; relations entre l'âge et les possibilités de travail; réduction des contraintes thermiques, sonores et vibratoires; étude des activités mentales et adaptation des charges sensorielles ou perceptives. Les recherches en cours portent sur la charge de travail, le bruit, les vibrations, les postures de travail, la chaleur, la fatigue mentale, la vision, les activités mentales. Mais les experts ont à nouveau signalé l'intérêt de certains thèmes.

Un des problèmes importants reste celui de la réduction des contraintes du milieu de travail dues aux ambiances physiques. Il s'agit des contraintes dues à l'ambiance de travail : chaleur, bruit, vibrations notamment. Ces problèmes prennent une importance toujours croissante avec la mécanisation et l'utilisation des moyens de transport qui augmentent notamment les sources de bruit et de vibrations; dans certaines industries, la chaleur continue de poser des problèmes importants.

Une autre catégorie de problèmes est posée par les transports et leur augmentation dans l'usine et sur le trajet. Cette augmentation constante, à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise, pose des problèmes de sécurité et exige une réduction des contraintes auxquelles est soumis le personnel. Ces problèmes doivent être considérés dans leur ensemble et non seulement dans leurs aspects biomécaniques. Ces études seraient du plus grand intérêt, car leurs résultats pourraient être facilement généralisés à l'ensemble des industries.

Ensuite, on relève que les problèmes liés aux activités mentales et à l'évolution des capacités mentales avec l'âge deviennent de plus en plus sensibles. Ces problèmes sont partiellement évoqués plus loin, à l'occasion de l'examen des travaux en cours.

Les experts signalent encore la nécessité de concevoir l'action ergonomique à la fois comme une préparation donnant au personnel des conditions plus favorables

à l'efficacité de son travail, mais aussi comme une occasion et un moyen pour le personnel de contribuer à l'aménagement optimum de son travail.

Enfin, il est bon de prendre conscience de l'orientation générale de l'ergonomie, qui tend à intégrer un grand nombre de facteurs techniques, physiologiques, psychologiques et organisationnels dans la perspective d'une contribution à la conception et au fonctionnement optimum des processus industriels utilisant les concepts et les outils de la cybernétique.

Les recherches individuelles

Les 26 recherches entreprises en 1966 se sont poursuivies normalement (1). En outre, 6 nouvelles recherches ont été adoptées. Voici un résumé des travaux en cours (2).

Charge de travail

Les recherches de ce groupe tendent soit à déterminer les meilleurs indices de la fatigue, soit à proposer des solutions réduisant la charge de travail. Il s'agit principalement des problèmes de charge physique ou physiologique, les aspects de la charge mentale dans le travail étant examinés par 3 autres groupes de recherche évoqués plus loin.

- a) Dans les charbonnages allemands, le Pr Rohmert étudie les contraintes rencontrées dans le transport de matériel au fond des charbonnages. Outre l'étude de la situation actuelle dans le secteur du transport de matériel, on prépare les méthodes d'analyse de la contrainte physique. On envisage deux méthodes différentes : la mesure des grandeurs métaboliques et la détermination de la charge de l'appareil circulatoire durant le travail. Contrairement aux expériences concluantes dont il est fait état dans la littérature, on a eu des difficultés avec les récipients en matière plastique utilisés pour le transport des échantillons d'air expiré, ces récipients s'étant révélés insuffisamment résistants à la diffusion à l'égard du O₂ et du CO₂. Afin de surmonter ces difficultés, on a procédé à des essais avec des cylindres en laiton chromé. D'autres travaux préparatoires ont porté sur l'incorporation de dispositifs antigrisouteux dans des appareils existants.

Jusqu'ici, l'effort s'est en grande partie concentré sur des travaux méthodologiques préparatoires. En ce qui concerne la mesure des grandeurs métaboliques, ces travaux ont été menés à leur terme par l'établissement des graphiques d'étalonnage nécessaires.

- b) En laboratoire, dans la sidérurgie allemande, le Dr Schulte étudie l'intensité optimale du travail dans le cas d'activités liées à un procédé mécanique. Après exécution de quelques études préliminaires sur les travaux industriels liés à un certain rythme, il a mis au point une installation expérimentale — machine à disques de 1000 mm de diamètre et à 12 stations — qui peut être équipée de différents dispositifs. Les disques se déplaçant de façon continue ou intermittente,

(1) Vingt-sept recherches avaient été adoptées, mais une n'a pu être entreprise (22/044 - Voelkner).

(2) Ce résumé est rédigé sur la base des rapports fournis par le Dr Kalsbeek et les Prs Leplat, Maugeri, Müller, Schmidtke et Wisner.

cette installation permet de varier le degré de pénibilité du travail. Les cadences peuvent être réglées de façon continue entre 0,2 et 60 sec. A la suite de l'analyse des résultats des premiers essais préliminaires, il a été jugé nécessaire de mettre au point un dispositif de mesure électronique pour calculer les différents temps partiels.

- c) Dans les mines belges, le Pr Lavenne étudie les effets de la nature, de la durée, de l'intensité, du rythme et des conditions de travail sur la fatigue. Les travaux effectués ont porté sur divers paramètres circulatoires et métaboliques chez des travailleurs de 30 à 50 ans, en bonne condition physique. Jusqu'à présent, on a analysé trois paramètres :
- *Détermination de la capacité aérobie* (consommation maximale de O₂) : 10 sujets de sexe masculin ont été soumis à quelques jours d'intervalle à 4 épreuves :
 - travail à l'ergomètre, par exemple à 100, 150 et 200 watts par minute, puis à 225, 250, 275 ... watts par minute;
 - travail à l'ergomètre à 75 watts pendant 5 minutes, puis à 120 watts pendant 2 minutes, à 180 watts pendant 2 minutes et des paliers de 210, 240, 270 ... watts d'une durée de 1 minute chacun;
 - travail à l'ergomètre à 75 watts pendant 5 minutes, à 100 watts pendant 1 minute et à 150, 200, 250 ...watts pendant 1 minute;
 - travail à l'ergomètre à 120 watts pendant 6 minutes, à 180 watts pendant 6 minutes et à 210, 240, 270 ... watts pendant 3 minutes.

Pendant ces épreuves, on a mesuré les grandeurs circulatoires et respiratoires. La quatrième épreuve a donné les résultats les plus homogènes [V⁰² maximum (ml/mn) 3 144; V⁰² maximum/kg (ml/mn) 43,7; fréquence cardiaque (pulsations/mn) 185]. On envisage la mise au point, sur la base de ces résultats, d'un test d'aptitude au travail à la chaleur.

– *Dosage de l'acide lactique dans le plasma* : bien que la méthode colorimétrique mise au point par Barker et Summerson pour mesurer l'acide lactique dans le plasma soit valable, on a effectué des essais pour l'application d'une méthode enzymatique. On a constaté à cette occasion que la relation entre la densité optique (mesurée au spectrophotomètre à 366 mu) et la concentration d'acide lactique reste linéaire jusqu'à des concentrations équivalant à 70 mg/100 ml d'acide lactique dans le plasma.

– *Mesure du débit cardiaque* : Pour mesurer le débit cardiaque (en l/mn), on a mis au point une méthode de dilution (de colorants) sur la base de travaux effectués antérieurement par d'autres auteurs, et on en a établi la validité. Au moyen de seringues automatiques, on injecte de 2 à 4 ml de cardiogreen pendant une durée inférieure à 1 seconde. Le sang artériel prélevé ensuite est mesuré à l'aide d'un photodensitomètre, et la courbe de dilution obtenue est enregistrée sur un enregistreur X-Y. On a parallèlement vérifié si le calculateur Gilford 104 est apte à calculer l'intégrale de la surface sous-jacente à la courbe de dilution en excluant les phénomènes de recirculation. Ces essais ayant donné des résultats positifs, la méthode considérée peut être appliquée aux travaux de recherches envisagés.

- d) Dans la métallurgie française, le Dr Tarrière, étudiant le coût physiologique du travail en atelier, a préparé, dans des forges, la mesure de certaines données physiques (effort fourni, bruit et climat), ainsi qu'une analyse de la charge supportée par les travailleurs occupés dans ces ateliers. Cette analyse porte sur la mesure de la fréquence cardiaque (fréquence cardiaque pendant le travail et augmentation de cette fréquence sous l'action des facteurs climatiques) et sur les données concernant l'accumulation de la fatigue, qui peuvent en être dérivées.

Compte tenu des influences climatiques, la contrainte spécifique de chaque poste de travail est dérivée du rapport entre les données relatives à la circulation et à l'effort fourni.

Outre les analyses de la charge, on a effectué des études de postes de travail ayant pour but de réaliser tant un aménagement ergonomique optimal qu'une alternance, visant à alléger la charge, entre postes «lourds» (par exemple, laminage et forgeage) et postes plus légers (par exemple, découpage).

Une autre tranche des travaux porte sur une comparaison entre deux approches méthodologiques pour déterminer l'effort biologique à fournir à un poste de travail. On a comparé des données telles qu'elles figurent dans les tables estimatives des coûts caloriques de l'activité (méthode indirecte) avec des données physiologiques mesurées (méthode directe). Il s'est avéré que la méthode indirecte, parce qu'elle tient insuffisamment compte de la charge statique, est inférieure à la méthode directe. On procède actuellement à des analyses de la dispersion des données de mesure.

Enfin, on tente de découvrir des rapports entre la charge spécifique du poste de travail et le taux de morbidité ainsi que le rythme de vieillissement. Ces travaux se poursuivent.

- e) Dans la sidérurgie italienne, étudiant la capacité maximale de travail en aérobie et anaérobie chez les travailleurs de l'industrie lourde, le Pr Margaria a effectué des travaux préliminaires sur la puissance aérobie maximale (consommation maximale de O_2) chez 50 sujets d'expérience travaillant dans l'industrie légère ; chez aucun d'eux la dépense énergétique ne dépassait 25 % de cette puissance. On a adopté comme méthode la mesure de la fréquence cardiaque (base : la relation linéaire entre la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque en «steady state»). Chez les sujets précités, aucune variation significative de la puissance aérobie maximale n'a été observée, à l'aide de la méthode indirecte, au cours d'un poste de travail de 8 à 10 heures. Des recherches antérieures avaient toutefois permis de constater que des travaux effectués jusqu'à l'épuisement déterminent une diminution significative (moins 13,8 %), bien que temporaire, de la consommation maximale de O_2 .

Une enquête sur 47 ouvriers affectés à des hauts fourneaux (ayant chacun fourni un effort expérimental submaximal au début et à la fin du travail), dont la capacité fonctionnelle physique n'était pas supérieure à la moyenne, n'a révélé aucune variation significative de la consommation maximale de O_2 après un poste de 8 à 10 heures. On en conclut que cette activité ne conduit pas à des états de fatigue aiguë. Toute fatigue au travail néanmoins observée est imputée à d'autres fac-

teurs (nerveux ou psychologiques). Les résultats de l'étude ont en outre conduit à la conclusion que les cadences de travail et les temps de repos observés sont appropriés.

Les études ont eu pour résultat substantiel de déceler l'existence de critères de sélection éventuellement insuffisants pour les ouvriers affectés à des postes demandant un effort physique considérable. On propose d'appliquer, lors du recrutement de nouveaux membres du personnel, la méthode de la mesure indirecte de la capacité maximale de consommation de O_2 , car les ouvriers dont la capacité fonctionnelle est supérieure à la moyenne possèdent une réserve de rendement plus grande par rapport à la pénibilité du travail et travaillent dès lors dans de meilleures conditions de sécurité et de confiance.

f) Toujours dans la sidérurgie italienne, le Pr Margaria a terminé une recherche sur l'application de la quantité de travail anaérobie et de ses effets sur l'organisme, dont voici les principales conclusions :

- Le processus de diffusion de l'acide lactique se répandant dans tous les tissus de l'organisme a un temps de semi-réaction de 2 mn 10 s qui est supérieur à celui d'autres anions monovalents. Les caractéristiques de distribution de l'acide lactique sont celles d'une substance de charge électronégative, et le volume de distribution ($37,7 \% \pm 1,62$ du poids du corps calculé sur la valeur de concentration hématique, et $29,2 \% \pm 1,55$ du poids du corps calculé sur la valeur de concentration plasmatique) correspond à celui de substances extra-cellulaires comme l'ion-chlore ou lithiocyanate. Il n'a pas été possible d'établir une relation comparable entre les valeurs de concentration de l'acide lactique dans les urines.
- L'étude de la cinétique du métabolisme de l'acide lactique a montré que la vitesse d'élimination de l'acide lactique n'augmente pas indéfiniment avec l'accroissement de la concentration hématique en acide lactique. La valeur maximale à la minute se situe à 0,122 mmoles (11-12 mg) par kg de poids du corps, et représente la capacité maximale du foie à resynthétiser l'acide lactique.
- Cette lenteur du processus d'élimination de l'acide lactique ne s'explique pas par les processus d'oxydation qui se déroulent à une vitesse plus grande. On a pu, au contraire, démontrer que les substances telles que les barbituriques, qui inhibent la réoxydation du NADH, réduisent fortement la vitesse d'élimination de l'acide lactique du sang.

Biomécanique et contraintes posturales

Si l'on considère que tout acte physique traduit une mobilisation musculaire intéressant le corps tout entier, la mise en œuvre des trois variables biomécaniques (posture, type de gestes, motilité) revêt une importance évidente pour le rendement de l'activité sensori-motrice. On peut distinguer dans la pratique : les gestes de travail, dont l'étude est relativement ancienne; les déplacements et la marche, qui posent le problème de la glissance des sols et qui méritent une étude en raison de l'importance du nombre des chutes de plein pied; les chocs et mouvements, en particulier dans le cas des chutes de grande hauteur; la biomécanique passive, qui s'intéresse aux effets des vibrations; l'exécution des gestes profes-

sionnels en présence de perturbations (ou problème des effets biomécaniques dynamiques concomitants avec un effet biomécanique passif).

L'ensemble forme un tout et doit être traité en considérant les perturbations apportées à un système de commande et régulation par les effets des vibrations et des chocs. Ce problème a une apparence classique mais, en fait, ses voies d'approche ont été profondément modifiées par les plus récentes acquisitions neurophysiologiques.

Il se pose actuellement d'une manière aiguë, en raison du développement constant de la mécanisation, de l'utilisation croissante de machines génératrices de mouvements, chocs et vibrations et à cause de l'importance des transports effectués sur les sols inégaux. Faute d'améliorer machines et engins, le recrutement, déjà difficile, posera des problèmes sérieux.

Les trois recherches réalisées en Allemagne et en Italie sur le problème de la biomécanique et des contraintes posturales ont adopté des voies d'abord différentes et complémentaires.

- a) Le travail dirigé en Allemagne par le Dr Schmidt comporte deux parties, l'une réalisée dans l'entreprise et l'autre en laboratoire, sur le même thème : « caractéristiques d'une posture fatigante, aménagement du travail en vue de la recherche d'une posture optimale ».

Le plan de travail adopté exigeait l'enregistrement simultané de la fréquence cardiaque prise comme indice de charge de travail et des différentes phases opératoires. Le Dr Schmidt et ses collaborateurs ont utilisé de façon très satisfaisante un appareil qu'ils viennent de mettre au point et qui assure cette simultanéité. Les chercheurs donnent un très bel exemple tiré des séries de mesures faites dans un atelier de construction de grosse mécanique.

D'autres situations de travail seront explorées grâce au même moyen privilégié, en particulier celles des écrivains, des soudeurs à l'arc et des mouleurs.

En même temps que l'on mesure le pouls en fonction des différents cycles de production, des clichés photographiques permettent de noter la position du corps et les auteurs décrivent les dimensions du poste de travail, les forces à exercer et les caractéristiques des pièces à travailler.

C'est dans une étape ultérieure que des situations de travail analogues seront reconstituées en laboratoire et qu'il sera possible de juger la valeur de leurs altérations à l'aide du critère de la fréquence cardiaque.

- b) Le travail réalisé en Allemagne par M. Schnauber se situe au contraire entièrement en laboratoire et tend à préciser l'importance de la fatigue provoquée par un travail que l'ouvrier doit exécuter au-dessus de sa tête.

Une série de travaux préliminaires ont permis à M. Schnauber de construire un ergomètre manuel. En effet, on trouve dans les laboratoires, et même dans le commerce, plusieurs ergomètres qui évaluent la force des membres inférieurs, mais l'évaluation de la force des membres supérieurs est beaucoup plus difficile et moins étudiée. Le dispositif adopté consiste en des ciseaux dont l'écartement est réglable suivant la force à exercer. Les poignées peuvent être placées à différentes hauteurs par rapport au sujet à l'aide d'un système de sangles.

Des résultats très intéressants ont déjà été obtenus. La durée maximale de travail baisse considérablement pour une même puissance quand le niveau de travail est celui de la tête et non plus celui du cœur. Pour une même durée de travail, la puissance maximale est 8 fois plus élevée quand les poignées se trouvent au niveau du cœur que quand elles sont situées au niveau de la tête. L'augmentation de la fréquence cardiaque témoigne de la dépense d'énergie et de la surcharge hydraulique et suit des lois analogues. Une puissance de travail, qui détermine une augmentation très modérée de la fréquence cardiaque quand le travail se situe au niveau du cœur, provoque une variation très considérable quand les poignées se trouvent au niveau de la tête. La fatigue se traduisant par la réduction de la durée du travail et l'augmentation de la fréquence cardiaque est d'autant plus marquée pour un même niveau de travail que le travail dynamique est plus important et que les besoins énergétiques sont plus élevés. Quand le niveau de travail s'élève, la fatigue apparaît de façon de plus en plus rapide et plus intense du fait du travail statique plus important et de la réduction de l'irrigation.

M. Schnauber ne se contente pas de ces résultats intéressants, mais il donne des renseignements expérimentaux précis concernant l'organisation des pauses dans le travail à exécuter en hauteur. Pour la situation la plus défavorable (travail au niveau de la tête) et pour une puissance modérée, il est nécessaire de faire alterner des périodes de travail de 2 minutes et des périodes de repos de 4 minutes. Dans ces conditions, le travail peut se prolonger et la fréquence cardiaque se maintient à un niveau stable et relativement modéré.

Le rapport de 1 à 2 entre le temps de travail et le temps de pause ne doit pas être généralisé sans précautions à des durées plus longues ou plus courtes. C'est ainsi qu'après une période de travail de 4 minutes, le repos doit être prolongé pendant une durée bien plus longue que 8 minutes.

C'est dans ce domaine de l'alternance travail-pause que M. Schnauber continue à poursuivre ses recherches.

- c) L'étude dirigée en Italie par le Pr Odescaichi sur les contraintes rencontrées à différents postes a lieu entièrement au sein de deux importantes aciéries. Les investigations tendent à caractériser les conditions de travail dans leur ensemble, les études posturales ne constituant qu'un des aspects étudiés.

Des mesures approfondies et prolongées (8 mois) de l'empoussiérage et de l'ambiance thermique ont été effectuées dans différents lieux de l'entreprise (fours, coulée, transport, traitement thermique).

Simultanément, les postes étudiés faisaient l'objet d'une large documentation photographique et les tâches des opérateurs étaient analysées.

On a tout particulièrement insisté sur l'étude de la transmission des informations (codage et décodage).

Les chercheurs se sont intéressés au travail des opérateurs de plates-formes des fours, aux conducteurs de ponts roulants et aux opérateurs en fosse, en comparant les situations dans les divers stades technologiques.

En même temps que cette description très complète, des analyses de postes de travail étaient réalisées.

L'équipe du Pr Odescalchi a poursuivi une enquête sur les motivations, déjà engagée dans cette entreprise depuis plusieurs années.

Activités mentales

L'évolution technologique a profondément modifié la nature du travail qui fait appel de plus en plus à une circulation d'«informations», en particulier par la voie d'instruments de contrôle et mesure. L'appréciation de la charge mentale est à voir sous deux angles. D'une part, pour faciliter au personnel la perception des signaux et le traitement des informations; c'est là un problème d'allègement de la charge de travail. D'autre part, dans le souci d'assurer le fonctionnement le plus efficace d'installations coûteuses, dont l'immobilisation et le mauvais rendement ont des conséquences économiques importantes. D'une manière générale, la complexité des processus et des systèmes industriels rend chaque activité locale plus dépendante de l'ensemble du système et les problèmes d'organisation des structures et des communications deviennent ainsi de plus en plus critiques. D'où l'importance grandissante de l'étude des problèmes de perception et de charge mentale dans les processus mécanisés ou automatisés; d'où l'importance de l'aménagement des dispositifs de signalisation et de commande ainsi que des moyens de relation et de communication.

C'est ce qui justifie l'étude de ces questions d'abord dans le groupe «Activités mentales» dont les travaux sont évoqués ci-après, ensuite dans le groupe «Fatigue mentale» évoqué plus loin, enfin dans la recherche sur invitation sur la «Charge mentale dans le travail», également évoquée plus loin.

Au titre du groupe «Activités mentales», deux recherches seulement ont pu être conduites en 1967. Ce sont toutes deux des recherches expérimentales, la première, psychologique, la seconde, physiologique. Elles s'inscrivent dans la perspective de l'analyse des fonctions de l'opérateur dans les systèmes homme-machine. Les fonctions étudiées sont de type perceptif et mental, telles celles qui sont mises en jeu dans les travaux de surveillance et d'inspection.

Étant donné l'importance croissante du nombre de travaux dans l'industrie moderne, étant donné aussi la nécessité d'améliorer nos connaissances sur toutes les origines et conséquences de la fatigue mentale, les recherches ici présentées pourront avoir des prolongements pratiques très importants, en particulier sur les problèmes de sécurité.

- a) Dans différentes entreprises françaises, notamment en sidérurgie, M. de Montmollin procède à l'étude expérimentale du traitement de l'information dans les tâches de contrôle en situation dangereuse.

Il s'agit d'étudier les variables susceptibles d'influencer la réponse de l'opérateur à un signal déterminé et de tenter de simuler ainsi des situations génératrices d'incidents ou d'accidents.

Deux phases initiales de la recherche ont été abordées : documentation et conception de l'expérimentation. La tâche expérimentale consiste à percevoir et inter-

préer correctement et rapidement des signaux dont l'opérateur ne commande pas entièrement le moment d'apparition et qui sont souvent transitoires dans le champ perceptif.

– Les variables indépendantes. Elles sont au nombre de trois, combinées selon un plan factoriel complet :

Complexité de la tâche : évaluée en terme de quantité d'information à partir de l'organigramme associé à la tâche et décrivant la séquence des événements (signaux et réponses). En fait, on travaille sur un système à deux états qui peuvent être deux signaux élémentaires ou deux configurations de signaux. Cette variable comporte six catégories.

Rythme de présentation normal ou accéléré.

Stress : deux types de sanctions sont applicables aux erreurs.

– Les variables dépendantes. Elles sont constituées par le nombre de réponses justes, fausses et omises, et par le temps de réaction.

– Les hypothèses :

1° la fréquence des erreurs et le temps de réaction sont proportionnels à l'entreprise du système à un moment donné;

2° l'accélération du rythme ou la pénalisation plus forte des erreurs entraîne une diminution de la fréquence des bonnes réponses;

3° la détérioration du comportement consécutif à une erreur est proportionnelle au rythme de la tâche et à sa complexité;

4° on chercherait à évaluer l'étendue de la mémoire intervenant dans la tâche.

– L'expérience est en cours d'exécution. Elle portera sur dix sujets qui seront soumis à chacune des 24 conditions expérimentales.

b) Dans les charbonnages français, le Dr Cazamian mène une recherche sur l'activité électrique cérébrale dans les conditions : 1° de l'activité mentale et de la fatigue mentale expérimentale, 2° du travail industriel automatisé.

Les travaux entrepris jusqu'ici visent à mettre au point les matériels nécessaires à l'exécution des expériences. Le but de celles-ci est d'étudier les modifications éventuelles des potentiels évoqués cérébraux pendant le déroulement d'une tâche complexe nécessitant une participation mentale.

– Préparation de la tâche expérimentale : Cette tâche consiste à surveiller un groupe de quatre galvanomètres, et à répondre aux indications de ceux-ci, conformément aux instructions préalablement communiquées. La fréquence des modifications de la position des aiguilles dépend de la vitesse de réponse des sujets. La durée de l'expérience est de deux heures et demie. Les réponses peuvent être enregistrées graphiquement. Ce matériel et cette méthode permettent de décrire les caractéristiques qualitatives et quantitatives des modifications survenant au cours de la tâche et traduisant sa détérioration.

– Préparation du matériel utilisé pour l'étude des potentiels évoqués : le matériel d'enregistrement est composé d'un oscillographe cathodique, d'un amplificateur, d'un enregistreur magnétique et d'un oscilloscope cathodique. Un dispositif reliant l'oscillographe cathodique au stroboscope indique avec précision les périodes de la stimulation lumineuse et leur durée, ainsi que la fréquence des stimuli. Le matériel d'analyse est composé de plusieurs unités dont l'assemblage est fonction de l'analyse effectuée : la morphologie

des potentiels évoqués est étudiée à l'aide d'un ordinateur analogique digital connecté, d'une part, à l'enregistreur magnétique, d'autre part, à un compteur électronique d'impulsions. L'étude des latences porte sur les potentiels évoqués dont l'analyse permet d'élaborer le potentiel évoqué moyen. On étudie également l'amplitude et certaines corrélations,

L'analyse des potentiels évoqués sera faite à l'occasion du travail mental complexe décrit précédemment et ultérieurement au cours des tâches industrielles nécessitant une participation mentale importante.

- c) Il faut mentionner, pour la sidérurgie italienne, la recherche dirigée par le Pr Misiti, qui vient seulement de débuter et qui porte sur la mesure des capacités individuelles d'élaborer des informations dans les systèmes homme-machine ainsi que sur l'apprentissage dans des conditions d'incertitude de la réponse correcte.
- d) Enfin, une recherche allemande adoptée en 1967 n'a pas encore débuté. Il s'agit de la recherche dirigée par le Dr Schulze, portant sur les critères objectifs pour la perception de signaux lumineux, notamment avertisseurs de danger, en fonction de l'ambiance et de la charge sensorielle.

Fatigue mentale

Il s'agit, en relation avec le thème précédent, de rechercher les moyens permettant d'évaluer d'une manière aussi objective que possible la charge mentale dans le travail.

- a) Dans son laboratoire, en Allemagne, le Pr Dr Schmidtke procède à l'étude des manifestations psychiques de la fatigue physique.

Une situation que l'on retrouve dans de nombreux établissements industriels, c'est que les ouvriers physiquement très sollicités doivent réagir à des signaux d'avertissement, d'indication et de danger extrêmement importants pour eux. Ces signaux, qui doivent être perçus et interprétés de façon correcte, sont souvent accompagnés d'un bruit ambiant et d'autres signaux parasites. C'est pourquoi il importe d'étudier la capacité psychique de rendement en fonction de la fatigue physique.

A cette fin, il est nécessaire de faire varier systématiquement l'effort physique, respectivement l'état de fatigue, de façon quantitative. Considérant que l'effort physique constitue d'abord une charge pour les systèmes circulatoires, la fréquence cardiaque est utilisée comme critère. L'effort physique est varié à l'aide d'une bicyclette ergométrique. On varie la charge objective de façon que la fréquence cardiaque pour chaque individu corresponde à 40 % et 100 % de la fréquence cardiaque mesurée pendant une charge physique maximale dans un examen préalable,

La capacité psychique de rendement est sollicitée pendant l'expérience de façon quantitative comme suit : au cours d'une même série expérimentale, le sujet reçoit alternativement des signaux optiques et des signaux acoustiques qu'il a appris parfaitement avant le début de l'expérience. Ces signaux doivent être reconnus parmi des signaux perturbateurs. Les signaux sont présentés selon un

programme enregistré sur une bande perforée. Le sujet doit réagir en appuyant sur des boutons correspondants, dès qu'il a reconnu le signal. En cas d'une réponse correcte, le signal suivant est présenté selon le programme. En cas d'erreur, le signal est répété jusqu'à ce que la réponse soit correcte. On mesure dans chaque cas le temps qui s'écoule entre l'émission du signal et la réponse correcte.

Le sujet doit répondre aux signaux dans trois situations d'effort physique : d'abord une situation ne demandant aucun effort physique; ensuite deux situations d'effort physique, qui provoquent une augmentation de la fréquence cardiaque correspondant respectivement à 40 % et à 100 % de la fréquence mesurée pendant un effort maximal décrit ci-dessus. Chaque situation était d'une durée de 100 minutes.

Un dispositif électronique spécialement conçu est construit pour permettre la programmation des signaux et l'enregistrement des réponses.

- b) Dans son laboratoire, en Italie, le Pr Salvini mène une recherche sur l'évaluation objective de la fatigue mentale.

Les réactions psycho-galvaniques de la peau sont étudiées en fonction de la fatigue mentale. Des réactions P.G. provoquées par des séries de stimuli auditifs et vibratoires sont enregistrées à la fin d'une journée normale et à la fin d'une journée pendant laquelle le sujet a été contraint à fournir un travail intellectuel soutenu. Les mesures sont toujours prises à six heures le soir. Il y a 15 sujets en bonne santé de 18 à 22 ans.

En même temps que les réactions P.G., on mesure le pouls digital artériel. Le travail intellectuel des jours d'effort psychique contrôlé consistait en épreuves exigeant une attention aiguë en travail monotone, en traductions avec limite de temps, en préparations à des épreuves universitaires. A la fin de chaque jour, on a questionné le sujet sur ses expériences subjectives de fatigue.

Les stimuli acoustiques auxquels les réactions P.G. étaient mesurées étaient de 60 dB et de 80 dB et les stimuli vibratoires étaient d'une fréquence de 150. Les valeurs trouvées étaient comparées avec celles qui étaient obtenues pendant un repos sans excitations dans une position couchée. La durée de chaque condition était de 10 minutes. Les mesures sont prises pendant 2 jours successifs sans effort psychique spécial suivis de deux autres jours successifs d'effort mental.

Les résultats des deux premiers jours montrent bien qu'il y a deux groupes distincts composés d'un nombre presque égal de sujets : un groupe ayant des réactions P.G. aux stimuli très nettes et l'autre groupe avec des réactions P.G. plutôt pauvres. Après une journée d'effort mental, le premier groupe montre très peu ou presque pas de réactions P.G. aux stimuli; le deuxième groupe, au contraire, montre des réactions P.G. très nettes.

- c) Enfin, une recherche dans les mines belges, dirigée par le Pr Verhaegen, a été adoptée. Elle a été retardée pour des raisons administratives et débutera en 1968. Elle concerne : l'étude de la détérioration possible de l'activité psychique durant un travail effectué à des températures élevées; la détermination de limites de tolérance et l'élaboration d'un test d'aptitude au travail à la chaleur.

Travail à la chaleur

- a) Dans son laboratoire, en Allemagne, le Dr H.G. Wenzel étudie l'influence de la vitesse de l'air sur le comportement physiologique de l'homme en cas de travail aux hautes températures. Les séries expérimentales ci-après dans la chambre climatique ont été provisoirement terminées :
- travail physique facile avec vitesse de l'air de 0,3 m/sec, température ambiante 24 à 48° C et humidité de l'air 12 à 98 %;
 - travail physique de difficulté moyenne avec vitesse de l'air de 0,3 m/sec, température ambiante 21 à 45° C et humidité de l'air 13 à 80 %;
 - travail de force avec vitesse de l'air de 0,3 m/sec, température ambiante 18 à 42° C et humidité de l'air 15 à 98 %;
 - travail de force avec vitesse de l'air de 1,3 m/sec, température ambiante 24 à 45° C et humidité de l'air 14 à 86 %.

Pour la préparation de nouvelles séries expérimentales, des essais préliminaires ont été réalisés avec des vitesses de l'air de 0,1 m/sec et 0,3 à 1,3 m/sec.

L'exploitation de ces séries expérimentales a fait apparaître qu'une échelle ou un indice de fatigue thermique fondé sur le critère de la sudation doit se différencier d'une échelle basée sur le comportement des températures corporelles — température rectale, température auriculaire ou température cutanée — et sur la fréquence du pouls.

Ainsi, pour apprécier la fatigue thermique, il convient de se demander — et c'est là un point capital — s'il faut accorder plus d'importance, comme critère d'appréciation, à la sudation ou aux autres grandeurs physiologiques. Si l'on considérait comme équivalentes d'une manière générale des conditions climatiques provoquant une sudation de même importance, comme les donne, par exemple, l'indice P4SR, on jugerait identiques, dans la zone de climat critique, des conditions dans lesquelles le corps humain présente un bilan thermique équilibré et donc supportable pendant des heures et des stases thermiques. L'importance de la sudation ne peut donc pas être considérée comme un critère indiscutable du degré de fatigue thermique. Cette constatation fondamentale a permis de faire un pas essentiel dans l'appréciation du climat de travail.

- b) En Belgique, dans les charbonnages, le Pr Lavenne procède à l'élaboration d'un test simple pour la détermination de l'aptitude au travail à la chaleur, à partir de la capacité aérobie maximale mesurée en ambiance normale.

Les essais ci-après ont été réalisés en vue de vérifier l'hypothèse selon laquelle la capacité aérobie maximale correspond à la capacité maximale de rendement en cas de travail à la chaleur :

On a étudié la reproductibilité des valeurs de la consommation maximale d'oxygène déterminées en climat normal, pour des fréquences pulsatoires limites différentes pour un effort plus ou moins progressif et en utilisant soit un cyclo-ergomètre, soit un tapis roulant. On a constaté que les différences étaient statistiquement non significatives au palier de confiance de 95 %.

Chez 45 mineurs ayant reçu une formation de sauveteur, il a été établi par différentes méthodes de graduation de l'effort test, avec différentes valeurs limites

de la fréquence pulsatoire finale obtenue, que pour une aptitude suffisante au travail de force à la chaleur, la consommation maximale d'oxygène devait au minimum atteindre la valeur ci-après :

pour 170 pulsations/mn, une consommation d'oxygène de 35 ml/kg de poids;

pour 160 pulsations/mn, une consommation d'oxygène de 32 ml/kg de poids;

pour 150 pulsations/mn, une consommation d'oxygène de 30 ml/kg de poids.

La valeur moyenne pour les meilleurs sujets était de 44,2 ml/kg, pour les moins bons, de 37,9 ml/kg.

Le rapport entre absorption maximale d'oxygène et poids corporel constitue le meilleur critère pour le choix des personnes aptes au travail à la chaleur. Les examens spirométriques n'ont fourni aucune corrélation. L'examen peut être effectué en milieu normal et reflète néanmoins le comportement aux hautes températures. Le seul inconvénient est la longue durée de l'expérience : 17 minutes et demie. L'étude de 5 séries expérimentales modifiées, capables de fournir en un temps plus court la consommation maximale d'oxygène, a montré qu'on peut déterminer en 5 minutes la consommation maximale d'oxygène si l'on augmente la charge de 50 watts toutes les minutes.

- c) Dans les charbonnages français, le Dr Cazamian effectue des études physiologiques dans des conditions réelles de travail, portant sur les problèmes de surcharge imputable à la chaleur dans certains chantiers des charbonnages.

Les essais réalisés dans des chantiers chauds (température sèche 31-32° C, température humide 28-31° C, aérage 0 à 5 m/sec) ont donné les résultats ci-après:

Pour ce qui est de la dépense d'énergie et de la fréquence du pouls, il n'y a pas de différence entre les valeurs trouvées au repos en laboratoire et les valeurs mesurées au poste de travail. Seul l'équivalent respiratoire est différent. Les variations individuelles de la dépense énergétique pour un effort standard de 100 watts au cyclo-ergomètre oscillent entre 5,2 et 7,3 kcal/mn, les temps de récupération après cet effort au cyclo-ergomètre entre 5 et 10 mn.

Les valeurs moyennes ci-après ont été trouvées pour la dépense énergétique, la fréquence cardiaque et le temps de récupération pour des travaux dans les mines dans un chantier chaud :

Nature de l'activité	Dépense énergétique kcal/mn	Fréquence cardiaque	Temps de récupération en minutes
Manutention	4.6	96	8.6
Foration	4.0	89	8.6
Pelleteuse «Eimco 21»	6.0	96.5	11.0
Pelletage main	6.0	90	8.1
Piquage en couronne MP	6.7	96.5	6.1
Soutènement	4.6	88.5	7.2

Pour la pelleuse «Eimco 21», on a rencontré certaines difficultés sur le chantier. Dans cette activité et pour le piquage en couronne, d'importantes tensions musculaires statiques entrent en ligne de compte. Dans un chantier au rocher avec température normale, la dépense globale d'énergie d'un ouvrier est de 2000 kcal environ par poste de 8 heures. 25 % de cette énergie sont absorbés par les travaux de soutènement effectués à la main. En ce qui concerne la dépense globale d'énergie, le chef d'équipe ne se distingue pas des autres membres de l'équipe.

- d) En Italie, dans son laboratoire universitaire, le Pr Margaria étudie les effets du travail aux hautes températures sur la résistance respiratoire.

Un appareil permettant de modifier de manière sinusoïdale le volume du système respiratoire a été mis au point. Un générateur d'ondes provoque des variations de volume correspondant à la fréquence de résonance du système respiratoire. Pour pouvoir calculer la résistance totale de l'appareil respiratoire, on a mesuré le rapport pression de l'air/écoulement de l'air au niveau de la bouche pendant des variations sinusoïdales de pression de 5 Hertz. La pression exercée sur la respiration est la somme des pressions nécessaires pour maintenir l'élasticité, pour vaincre la viscosité et pour vaincre l'inertie. La pression nécessaire pour vaincre l'inertie est égale et contraire à celle requise pour maintenir l'élasticité du système respiratoire; par conséquent, seule la pression employée pour vaincre la viscosité est mesurée.

Les mesures ont été effectuées au repos et après 20 minutes de travail d'intensité moyenne effectué sur cyclo-ergomètre. Les épreuves de travail étaient effectuées à une température agréable (20 à 24° C) et répétées à des températures comprises entre 34 et 36° C. L'humidité relative de l'air était toujours inférieure à 65 %. La fréquence cardiaque moyenne des sujets était de 133 à 22° C, 155 à 35° C. Ces conditions de travail réalisées expérimentalement dans la chambre thermique correspondaient à la contrainte maximale à laquelle sont soumis les ouvriers aux hauts fourneaux pendant de brèves périodes.

Les valeurs de la résistance respiratoire mesurées à 22° C ne différaient pas sensiblement de celles mesurées au repos et pendant l'effort à 33° C. Travail et chaleur ne modifient donc pas la résistance respiratoire. Le contrôle de ces résultats obtenus sur 59 ouvriers pendant leur travail aux hauts fourneaux n'a pas fait non plus apparaître de différences sensibles entre la résistance des voies respiratoires au début et à la fin du poste.

- e) Dans la sidérurgie italienne, le Dr Zannini détermine l'aptitude au travail aux hautes températures, et notamment les critères d'aptitude.

Des enquêtes sur les conditions climatiques ont été réalisées à 13 postes de travail de la sidérurgie exposés à de fortes contraintes thermiques. On a entrepris le traitement sur fiches mécanographiques de ces données ainsi que de nombreuses autres données cliniques, sociologiques et psychologiques pour 250 ouvriers de Tarente et 250 ouvriers de Gênes. Fin 1967, cette étude était presque terminée à Tarente, à 70 % environ à Gênes. Il n'est pas possible pour l'instant de tirer de conclusions définitives.

- f) Dans la sidérurgie luxembourgeoise, le Dr Foehr poursuit ses recherches sur le travail aux hautes températures en liaison avec le Pr Metz.

Une recherche pilote effectuée sur des fondeurs aux hauts fourneaux a montré que du point de vue thermique, les postes du matin ne diffèrent pas de ceux de l'après-midi. En revanche, la contrainte physique calculée à partir de la fréquence cardiaque semble plus importante au cours du poste du matin. C'est le premier fondeur qui subit la contrainte la plus élevée, le troisième fondeur la contrainte la plus faible.

Pour mesurer la charge thermique et les réactions physiologiques au poste de travail, on a aménagé une camionnette laboratoire permettant d'étudier les ouvriers à proximité immédiate de leur poste de travail et d'enregistrer leurs réactions. De cette manière, on peut enregistrer le temps correspondant à chacune des différentes activités et l'activité cardiaque. L'enregistrement se fait automatiquement. On a également installé une chambre climatique dans laquelle on peut faire varier le climat dans les limites ci-après :

- température de l'air sec 22 à 40° C
- humidité relative 30 à 90 %
- vitesse du vent 0,2 à 1,0 m/sec
- température des parois déterminée par la température de l'air.

Au cours du second semestre de 1967, sept mesures ont été effectuées aux hauts fourneaux. Dernièrement, 4 autres postes de travail ont été étudiés à l'aciérie : 2 premiers dégrasseurs de l'équipe du mélangeur sur 2 postes et 2 préposés aux convertisseurs d'une équipe travaillant aux convertisseurs et au four à ferromanganèse, également sur 2 postes. Les données recueillies au cours de ces essais n'ont pas encore été exploitées.

- g) Il faut mentionner qu'une recherche prévue dans les mines belges par le Pr Lavenne a été retardée pour des raisons administratives. Elle concerne la détermination des limites de tolérance au travail à haute température à partir de ses répercussions métaboliques et endocriniennes.

Travail au bruit

Depuis un certain temps, la Haute Autorité s'est employée à provoquer et à encourager, dans le domaine de la recherche sur les bruits et les vibrations, des études qui permettraient de mieux comprendre leurs effets nocifs sur l'organisme humain et de se défendre contre ceux-ci plus efficacement. Les recherches actuelles portent sur les effets extra-auditifs des bruits sur l'organisme humain, sur les possibilités d'un diagnostic précoce, sur les instruments de recherche des lésions et sur les moyens de protection de l'ouïe. Ces études ont évidemment une portée générale qui les rend particulièrement utiles à un moment où les problèmes de lutte contre le bruit sont devenus prioritaires non seulement sur les lieux de travail mais au titre de la santé publique.

- a) En Allemagne, une recherche a été engagée sous la direction du Pr K. Schubert en vue d'éliminer tous les facteurs de caractère subjectif qui peuvent réduire la validité d'une détermination audiométrique.

Cette méthodologie rigoureusement objective se base sur l'électro-encéphalogramme et consiste à enregistrer les potentiels électriques corticaux isolés et

filtrés de façon appropriée, provoquée par un bruit spécial au moyen d'une stimulation de l'appareil auditif.

- b) En Italie, avec la recherche actuellement dirigée par le Pr S. Maugeri, on s'est proposé d'étudier, notamment, à quel niveau central s'exerce l'action du bruit et des vibrations; comment et quand ils interviennent dans l'apparition de la fatigue psychique et intellectuelle; quels sont les moyens qui permettent d'éliminer ou de réduire les effets neurovégétatifs et psychiques.

Les expériences effectuées précédemment avaient démontré que le bruit détermine une modification de la dynamique vasculaire et cardiaque, une modification de la fonction respiratoire et une altération de la sécrétion gastrique. En rapprochant ce problème de celui afférent à la fatigue intellectuelle, traitée dans une autre série d'études, on avait observé que le bruit modifie aussi les temps de réaction et diminue le rendement au travail. Ces modifications provoquées par le bruit sont sûrement l'expression d'une réaction neurovégétative.

Pour étudier le mécanisme d'action du bruit, on a examiné principalement le comportement de la réactivité vasculaire périphérique et des potentiels électriques cutanés.

On a observé que chez les sujets qui avaient subi une intervention chirurgicale de gangliectomie sympathique dans un des membres, un bruit, même de 90 dB S.P.L., ne provoquait ni vasoconstriction, ni apparition de nets potentiels électriques cutanés. En revanche, dans le membre sain examiné en même temps, on voyait apparaître la réaction électrique cutanée normale, ainsi que la vasoconstriction, ce qui démontre l'importance de la non-obstruction des voies de transmission post-ganglionnaires des impulsions sympathiques pour l'évocation d'un effet vasomoteur produit par le bruit.

En vue d'approfondir ultérieurement notre étude sur les mécanismes d'action du bruit, la recherche a été étendue au comportement des centres diencephaliques, inhibés au moyen de mébutamate ou excités avec de la centrophénoxine.

Chez tous les sujets qui, avant le traitement, réagissaient par une vasoconstriction intense au stimulus du bruit, l'administration de mébutamate a provoqué la disparition complète de la réaction angio-spasmodique due au bruit. En revanche, avec la centrophénoxine, qui accentue la vigilance et la réactivité du diencephale, la réaction angio-spasmodique au bruit est plus intense et plus prolongée, analogue au comportement des potentiels électriques cutanés.

Ces expériences semblent montrer que le stimulus du bruit agit spécifiquement sur les centres diencephaliques qui recueillent, élaborent et transmettent le stimulus tant à l'écorce qu'aux centres végétatifs.

Ensuite, on a utilisé encore d'autres substances ayant toutes une action spécifique sur le diencephale, et l'on a observé que celles qui diminuent l'excitabilité de la substance réticulaire rendent moins intenses les réactions vasculaires au bruit; en revanche, celles qui en accentuent l'excitabilité rendent plus intenses et plus durables les réactions vasculaires.

Considérant que le diencephale est le siège des fonctions vitales les plus diverses, des recherches ont été engagées sur la fécondité des individus exposés aux

bruits. Une recherche sur les ouvriers de l'industrie métallurgique a révélé une fécondité extrêmement faible chez les couples dont l'un ou l'un et l'autre des conjoints travaillaient dans un milieu fortement bruyant (> 90 dB).

D'autres recherches sur ce point, ainsi que des recherches expérimentales in vitro sont en cours.

- c) Aux Pays-Bas, le Dr Van Laar se propose, dans une recherche en cours, de dépister, par un procédé audiométrique simplifié, la surdité professionnelle provoquée par le bruit, par analogie avec les méthodes d'analyse à un ou deux tons, recommandées en cas d'emploi d'un audiomètre à octaves.

Dans l'industrie néerlandaise, la surdité professionnelle est généralement dépistée au moyen d'un audiomètre individuel (Peekel, type D2 et D4) qui permet de déceler les hypoacusies même au stade initial, limitées à d'étroites gammes de fréquence et qui se trouvent en dehors des fréquences des audiomètres classiques à octaves communément utilisés.

Au cours des recherches audiométriques effectuées jusqu'ici, une anamnèse oto-rhino-laryngologique et professionnelle détaillée a été établie. Afin de déterminer les critères à suivre pour procéder à une sélection appropriée, on a utilisé les audiogrammes de travailleurs dont l'hypoacousie éventuelle était uniquement imputable à l'action du bruit, et les sujets examinés ont été classés selon l'exposition au bruit.

D'après les résultats obtenus, il s'avère que sur les 1 241 travailleurs examinés, 18 % présentaient une anamnèse positive et souffraient encore de phénomènes morbides en phase active. Au total, le traumatisme auriculaire, rarement monolatéral, a été biauriculaire dans 97,4 % des cas.

On a ensuite publié le résultat d'un examen effectué au niveau de 15 dB, dans une gamme de fréquence plutôt limitée mais se situant au 3e octave voisin des 4 000 Hz. Une étude est actuellement en cours pour évaluer le rendement qu'il est possible d'obtenir lorsqu'on augmente le niveau d'intensité du bruit, tout en limitant la gamme des fréquences utilisées.

- d) Dans une autre recherche, exécutée sous la direction du Dr Flora Van Laar et du Dr H.E. Lindemann, on essaye d'évaluer l'aptitude au travail par une détermination audiométrique simplifiée de la parole.

En effet, un médecin d'usine ne dispose pas en général des appareils nécessaires pour établir des audiogrammes de la parole et, par conséquent, il lui arrive souvent de déterminer de façon empirique si l'hypoacousie enregistrée handicape le travailleur intéressé dans ses rapports avec le milieu extérieur.

On a pu mettre au point un appareil simple pour déterminer rapidement l'aptitude à percevoir la parole, même dans des conditions ambiantes défavorables. Grâce à cette forme d'audiométrie vocale, le médecin d'usine est en mesure d'établir avec précision la capacité de l'ouïe à percevoir une conversation. La diminution du pouvoir de discrimination peut être exprimée par un seul chiffre.

En outre, on a étudié la relation entre l'audiogramme du son et l'audiogramme de la parole, et l'on a calculé les coefficients de corrélation entre les deux méthodes.

Sur la base des résultats obtenus, jugés très positifs, il est recommandé à chaque centre audiologique d'acquérir un audiomètre vocal d'usine.

Des études sont encore en cours pour vérifier l'éventuelle marge d'erreur des données relatives à l'audiométrie vocale pratiquée dans l'industrie.

- e) En France, le Pr Wisner poursuit également des recherches sur le travail au bruit; on en trouvera un aperçu sous la rubrique «Applications ergonomiques».

Vibrations

Dans le domaine des vibrations, certaines études sont actuellement en cours, afin d'améliorer les conditions de travail et de rendement des ouvriers soumis à un traumatisme vibratoire. On a souligné plus haut les rapports de ce problème avec les phénomènes biomécaniques et les contraintes posturales.

- a) En Allemagne, une recherche, dirigée par le Dr Ing. Coermann a pour objet d'examiner la possibilité de construire un amortisseur «actif» pour les sièges de certains véhicules industriels. En effet, les secousses subies par les utilisateurs de ces moyens de transport ne peuvent être que très imparfaitement absorbées par les sièges traditionnels, en raison des accélérations considérables qui se manifestent au niveau des plus basses fréquences.

C'est pourquoi on a pensé pouvoir y remédier en utilisant un siège dont la position serait décalée de 180° par rapport à l'accélération du véhicule. Pour cela, il serait possible d'utiliser un piston à commande électro-hydraulique sur lequel serait monté le siège. L'impulsion pour la commande du piston pourrait provenir d'un accéléromètre monté sur le véhicule même. Un système de régulation maintiendrait constante la position moyenne du siège par rapport au véhicule.

Les calculs nécessaires pour mettre au point cet appareil ont déjà été exécutés, et son mécanisme a déjà été projeté.

Ce dispositif sera appliqué au siège d'un tracteur.

Dès qu'il sera construit, d'autres épreuves directes seront effectuées et, d'ici là, le système électronique de réglage aura été mis au point.

- b) Toujours en Allemagne, une autre recherche, dirigée par le Dr Ing. Coermann, examine les effets de vibrations sinusoïdales sur la main et sur le bras d'un travailleur, notamment en fonction de leur fréquence.

Les variations de la température cutanée de la main soumise aux vibrations, ainsi que de l'amplitude du pouls enregistré aux doigts de l'autre main, de même que les éventuelles modifications du réflexe périostique peuvent être prises comme critères physiologiques pour évaluer la tolérance aux vibrations.

L'étude de ces phénomènes permettra donc d'élaborer des directives internationales, afin de réglementer l'intensité admissible des vibrations qui agissent sur le système main-bras du travailleur.

- c) En France, une recherche menée sous la direction du Pr A. Wisner a pour objectif la mise au point d'un critère de tolérance aux vibrations à basse fréquence

permettant de juger la valeur des améliorations à apporter aux suspensions et sièges des véhicules industriels.

A ce propos, une enquête a été effectuée dans plusieurs mines de fer et de charbon, et l'on a observé que les appareils de protection contre les vibrations comportaient certains défauts et éléments inappropriés. Dans les milieux étudiés, il s'agissait surtout d'oscillations à 2 Hz, où la composante verticale était prépondérante.

Au cours de recherches faites en laboratoire, on a, au contraire, étudié le comportement du tissu musculaire squelettique lorsque le corps humain est soumis à des vibrations de basse fréquence. Grâce à l'électromyographie, on a en effet démontré qu'une activité rythmique, synchronisée avec les vibrations (quand leur fréquence se situe autour de 2 à 3 Hz) se substitue à l'activité tonique normale de repos.

Une autre étude réalisée sur des sujets soumis expérimentalement à des vibrations sur une table oscillante spéciale a montré que les valeurs de consommation d'oxygène et de la ventilation s'écartent considérablement des valeurs normales.

Applications ergonomiques

Ces travaux d'application sont menés à la fois dans des recherches individuelles, dont on rend compte ci-dessous, et dans la recherche communautaire ergonomique évoquée plus loin. Les recherches individuelles couvrent des domaines où dominent les préoccupations relatives à une amélioration des perceptions auditives et visuelles.

- a) En Allemagne, la recherche dirigée dans la sidérurgie par le Dr Burkardt et concernant l'amélioration des conditions de vision à des postes de contrôle de qualité, associe également des travaux en laboratoire et des études dans l'industrie. Une enquête comprenant des visites et des entretiens avec des spécialistes a montré que les postes de triage sur train à tôles fines, de rectifiage des cylindres et de conduite des ponts-roulants dans l'atelier de recuit des tôles constituaient des postes de travail où les caractéristiques de l'éclairage étaient particulièrement importantes. Les exigences visuelles à ces postes concernent :
- le seuil relatif de luminosité (repérage des défauts de surface ayant l'aspect de taches);
 - l'acuité visuelle (repérage des défauts punctiformes et des fissures fines);
 - la vision en profondeur (éloignement relatif entre charge et zone de dépôt).

A partir de ces données obtenues sur le terrain, les chercheurs ont choisi des épreuves visuelles : optotypes, mesures des faibles différences de brillance, épreuves de vision stéréoscopique. Ils ont soumis 64 apprentis à ces épreuves avant et après une activité prolongée avec effort visuel : 30 minutes de mesure d'angles sur des blocs d'acier à l'aide d'un goniomètre universel. On a fait varier les conditions d'éclairage : type de lampe, intensité lumineuse, brillance de la source.

Les principaux résultats sont les suivants :

- 1° La lampe à vapeur de sodium est nettement supérieure aux autres modes d'éclairage en ce qui concerne l'acuité visuelle; c'est la lampe à incandescence qui donne les moins bons résultats.
- 2° En ce qui concerne le seuil relatif pour les différences de brillance, il n'apparaît pas qu'il y ait des différences entre les types de lampes.
- 3° Comme on le prévoyait, lorsque la brillance des objets augmente, on constate une amélioration des fonctions visuelles, l'optimum étant atteint plus rapidement avec la lampe à vapeur de sodium qu'avec les autres lampes (à environ 150 à 270 asb.).
- 4° En ce qui concerne la vision stéréoscopique, aucune influence des conditions d'éclairage n'a pu être démontrée.
- 5° Dans l'activité prolongée complexe (mesure d'angles), les différences individuelles étaient trop grandes pour démontrer que les conditions d'éclairage influent sur la précision du travail. Seule la quantité de travail fourni, qui peut être considérée comme indiquant la disposition au rendement, était nettement plus grande lorsque la brillance des sources lumineuses était élevée.
- 6° Bien qu'il n'ait pas été possible d'établir une statistique prouvant des différences d'appréciation des lampes dans le questionnaire, il est apparu une tendance à refuser la lampe à vapeur de sodium; cette tendance coïncide avec des observations occasionnelles faites dans d'autres secteurs.

A partir de ces résultats de laboratoire, le Dr Burkardt passe directement à des recommandations concernant les lieux de travail et formule les conclusions suivantes :

- 1° Pour le travail du trieur de tôles et du rectifieur de cylindres, la lumière de la lampe à vapeur de sodium est la plus appropriée. Il faut, dans ce cas, s'efforcer d'obtenir que les modèles aient une brillance de 200 à 300 asb. Il y a lieu néanmoins de tenir compte de la réaction émotionnelle négative des ouvriers à cet éclairage; celle-ci doit être probablement considérée comme un préjugé. Ni dans la littérature, ni au cours de ses propres épreuves, le Dr Burkardt n'a trouvé d'indices permettant de penser que ce type d'éclairage fatigue davantage ou entraîne d'autres conséquences négatives sur les fonctions végétatives.
 - 2° En ce qui concerne la vision stéréoscopique qui est importante pour les grutiers, d'autres essais sont nécessaires.
 - 3° Il faudrait aussi étudier davantage le fait, apparu au cours des essais, que l'effet stimulant (accroissant le rendement) de la lumière pourrait ne pas être dû au niveau absolu de l'éclairage, mais à la répartition de la brillance dans le champ visuel.
- b) L'étude dirigée en France, dans l'industrie, par le Pr A. Wisner, concerne les moyens individuels de protection contre le bruit (casques et bouchons d'oreilles) et tend à évaluer leurs conditions réelles de fonctionnement. Cette recherche comprend trois parties convergentes :
- étude de l'intelligibilité de la parole sûr fond de bruit;
 - évaluation physique de l'effet de filtre à l'aide d'un sonographe;
 - vérification sur le terrain de l'efficacité de quelques moyens individuels de protection.

Il est d'usage, depuis une vingtaine d'années, d'évaluer le pouvoir protecteur des moyens individuels de protection contre le bruit en pratiquant un audiogramme tonal, liminaire sur un sujet porteur d'un M.I.P. et un audiogramme sur le même sujet oreilles nues. La différence des résultats mesure le niveau de la protection.

En réalité, ces appareils sont utilisés sur un fond de bruit intense et il importe de savoir quelles sont les conditions d'audition imposées par les M.I.P. dans un bruit d'usine.

Les chercheurs ont pu montrer que l'atténuation constatée au seuil se retrouvait quand le niveau de bruit était élevé (95 dB) mais que la perception des signaux tonaux et vocaux était bien supérieure dans le bruit intense à ce que des mesures au seuil laissaient prévoir.

C'est ainsi que le niveau d'émission de la parole doit être augmenté en moyenne de 22 dB quand le sujet subit un audiogramme dans le silence et qu'il met un casque anti-bruit; au contraire, quand l'expérience est réalisée sur fond de bruit intense, le niveau de la parole nécessaire pour l'intelligibilité peut être abaissé de 8 dB quand le sujet met le casque.

On sait à quel point le fait de ne plus entendre la parole ou certains signaux sonores constituait un obstacle au port des M.I.P. Il apparaît dès maintenant que la plupart des casques et bouchons d'oreilles ont le double effet de protéger contre les bruits et de favoriser l'audition des signaux superposés.

L'enregistrement sonographique obtenu grâce à des microphones placés à l'intérieur des casques et à la même distance de l'oreille du sujet sans casque permet de constater que les résultats audiométriques reportés plus haut ont probablement une origine physique et non pas physiologique. On voit en effet les structures caractéristiques de la parole apparaître plus clairement sur le fond sonore quand le sujet est porteur de casque. Des phénomènes inverses peuvent être notés quand les mesures sont réalisées avec une émission de paroles dans le silence.

Des travaux préparatoires aux études sur le terrain ont été réalisés dans des mines de fer et de charbon.

Les recherches sur invitation

Quatre thèmes avaient été envisagés en 1966 et ont fait l'objet des travaux préparatoires : charge mentale dans le travail (en particulier aux postes de contrôle des processus automatisés); travail à la chaleur (spécialement adaptation des vêtements de protection); travail continu dans la sidérurgie; vieillissement (en particulier dans la perspective de l'évolution technologique et du réemploi des travailleurs.

La charge mentale dans le travail

La recherche entreprise par le Dr Kalsbeek, le Pr Leplat et le Pr Schmidtke se déroule normalement. Le thème est considéré dans la perspective évoquée plus haut (activités mentales) et les travaux se déroulent dans des secteurs automatisés de la sidérurgie en Allemagne, en France et aux Pays-Bas.

Différentes méthodes d'évaluation de la charge mentale que les systèmes homme-machine impliquent sont développées et vérifiées. Comme sujet d'étude, on a choisi le problème de la charge mentale pendant le contrôle à distance. On prévoit que ce type de travail augmentera en importance en fonction de la progression de l'automatisation. On se propose d'étudier à fond la tâche d'un contrôleur de circulation et celle d'un contrôleur d'un processus automatisé à haut degré, par exemple un haut fourneau.

Chaque équipe a sa propre méthode d'approche et sa propre spécialisation. Ainsi, l'équipe française, sous la direction du Pr J. Leplat, s'est spécialisée dans les problèmes concernant l'analyse de travail, l'organisation, la communication et la formation. L'équipe allemande, sous la direction du Pr H. Schmidtke, s'est spécialisée dans les évaluations psychologiques et physiologiques de la fatigue, ainsi que dans l'évaluation de l'expérience subjective. L'équipe néerlandaise s'occupe des méthodes d'analyse du type «Checklist», des méthodes de double tâche et des méthodes de stimulation au laboratoire des effets de fatigue. Bien que le projet cherche à profiter de ces spécialisations, il n'y aura dans la recherche proprement dite qu'une façon standard de procéder à l'analyse de travail et aux mesures physiologiques et psychiques sur place.

Selon le projet de recherche, les étapes à suivre seront les suivantes : d'abord, chaque équipe procédera selon sa propre façon à une analyse approfondie de la tâche. Ensuite, les trois équipes compareront entre elles les résultats de ces analyses, afin de pouvoir faire une étude comparative de l'état actuel d'aménagement des postes de contrôle dans les différents pays et afin de pouvoir faire une étude comparative de l'état actuel d'aménagement des postes de contrôle dans les différents pays et afin de pouvoir parvenir à une méthode standard d'analyse dans laquelle sera incorporé tout ce qui s'est trouvé être utile pour l'évaluation de la charge mentale impliquée dans un poste de contrôle à distance. Cette méthode standard d'analyse sera appliquée dans les 3 pays avec échanges de membres des équipes si cela s'avérait nécessaire. En outre, on procédera à des enregistrements physiologiques selon des méthodes standard sur lesquelles on est tombé d'accord auparavant. On s'occupera également des méthodes d'évaluation psychologique pendant et après le travail, comme par exemple des évaluations subjectives et des méthodes de double tâche. Afin de tomber d'accord sur les méthodes standard, des membres des équipes allemande et néerlandaise vont se voir. L'équipe française ne disposant pas de moyens d'enregistrements physiologiques, les enregistrements en France se feront par des membres de l'équipe néerlandaise. Après cela, on va chercher à mettre au point des situations de simulation au laboratoire des éléments de la tâche qui se seront trouvés être plus particulièrement responsables de la charge mentale, pour être soumis à une étude plus approfondie. Cette charge pourrait être causée aussi bien par un surcroît de stimulations que par un manque de stimulations nécessaires. On s'attend à ce que ces études vont se dégager des suggestions pour optimiser la charge mentale incluse dans le travail de contrôle. Ces études de simulation seront faites par l'équipe allemande et l'équipe néerlandaise. L'équipe française s'occupera plus en particulier à déduire des suggestions pour améliorer l'organisation et l'aménagement du poste à partir des analyses détaillées du poste, sans négliger les problèmes de la formation et de la sélection.

Un rapport final commun traitera de tous les résultats des différentes activités des équipes.

Le laboratoire de psychologie ergonomique TNO du Dr J.W.H. Kalsbeek à Amsterdam servira d'organe de coopération et de secrétariat.

Dans une première étape, les Prs Leplat et Schmidtke ont rédigé une documentation bibliographique afin de dégager les connaissances et les méthodes utilisables, d'une part, et d'être informés des études déjà faites, d'autre part. L'équipe française a composé sa revue autour du thème «Le contrôle à distance». Le Pr Schmidtke traite de toutes les méthodes objectives d'évaluation de la fatigue. Les différentes équipes ont pris contact avec leurs industries sidérurgiques nationales, ce qui a mené à un choix de postes de travail où l'industrie pourrait donner des facilités.

Le Pr Leplat s'est occupé en outre d'une étude historique du développement technologique des postes de contrôle à distance. Le Pr Schmidtke s'est occupé intensivement du développement des méthodes de traitement machinal des données physiologiques enregistrées pendant le travail.

Le Dr Kalsbeek a fait une étude comparative des différentes méthodes d'évaluation de l'arythmie sinusale (la régularisation du rythme cardiaque sous l'influence de la charge mentale), afin de parvenir à un programme pour ordinateur. La recherche du Dr J.W.H. Kalsbeek : «Évaluation objective de la fatigue mentale» se trouve un peu à côté, bien que cette recherche fasse partie du projet commun.

Il étudie la désintégration de la réalisation des tâches complexes par une méthode qu'il a dénommée «Méthode de distraction expérimentale». En occupant progressivement la capacité du canal central unique à l'aide d'une tâche de choix binaires, la capacité d'attention qui reste à la disposition de la réalisation d'une deuxième tâche peut être systématiquement variée. Une étude est faite avec 50 sujets qui avaient à faire comme deuxième tâche une rédaction à sujet libre. On étudie de cette façon quels sont les aspects de la pensée et du psychomoteur qui s'en vont d'abord et quels aspects sont plus résistants au «stress». Les documents ainsi obtenus sont soumis à une élaboration quantitative. On se propose, dans une deuxième étape, de remplacer l'influence de la distraction expérimentale par des états réels de fatigue croissante auprès des mêmes sujets. Pour autant que les effets de la distraction expérimentale et ceux de la fatigue réelle s'avèreront être identiques, on serait à même d'exprimer un état de fatigue comme un nombre déterminé de choix binaires de distraction expérimentale. L'hypothèse de base de cette recherche est que les effets de la fatigue centrale sont surtout dus à une réduction de la capacité du canal central unique.

Le travail à la chaleur; étude des vêtements de protection

Différentes circonstances administratives ou techniques, et notamment l'installation du nouveau laboratoire d'études bioclimatiques du Pr Metz, ont retardé la mise en route de ce projet, au sujet duquel la Haute Autorité a déjà pris une décision de principe favorable. Une réunion des chercheurs aura lieu dès que possible.

Travail continu dans la sidérurgie et activités répétitives

Il n'a pas été possible de réunir en 1967 le groupe de travail d'experts professionnels chargé de tracer les objectifs de la recherche à confier à quelques centres spécialisés. Entre temps, on a souligné l'importance d'un problème voisin, mais différent, celui de l'étude des travaux et postes qui comportent une activité répétitive ou de série,

Ce problème prend des formes nouvelles avec le développement des industries de transformation, spécialement dans les domaines de l'électromécanique et de l'électronique.

Vieillessement

Là encore, il n'a pas été possible d'engager des travaux précis. Cependant, les experts ont insisté sur l'importance de l'évolution des capacités de travail avec l'âge, particulièrement en fonction de la charge mentale croissante des postes de travail modernisés et de l'aménagement correspondant des postes de travail en vue d'éviter des reconversions prématurées.

L'évolution des capacités déterminées par l'âge n'est pas parallèle en ce qui concerne les activités physiques et les activités mentales. Des difficultés s'observent déjà entre 35 et 40 ans, et même parfois plus tôt, pour des activités à charge mentale élevée. Cependant, l'évolution technologique aboutit à créer des postes de travail dont la charge mentale augmente constamment. Lors des mutations technologiques qui se produisent en gros tous les 5 à 10 ans dans une industrie donnée, les entreprises perdent, faute d'un aménagement convenable des postes, un grand nombre de travailleurs âgés de 35 à 40 ans qui ne peuvent plus être reconvertis (problèmes de compréhension des symboles, de rythmes, etc.).

Il y aurait donc lieu de veiller à concevoir les nouveaux postes de travail en fonction de l'évolution des capacités mentales des travailleurs.

La recherche communautaire ergonomique

Le présent état des travaux a évoqué les caractéristiques de cette recherche, dont les objectifs sont d'utiliser les connaissances existantes pour formuler des propositions concrètes d'aménagement de certains postes de travail caractéristiques des mines et de la sidérurgie (ou postes types), dans le but d'obtenir des situations de travail qui, tout en étant satisfaisantes pour le personnel, soient optimales du point de vue économique. Au cours de l'année 1967, les décisions de financement des équipes ont été prises par la Haute Autorité.

La recherche communautaire ergonomique a réuni trois équipes qui ont préparé les thèmes de recherche à entreprendre et qui travaillent en collaboration avec le Pr Rohmert et le Pr Wisner, conseillers scientifiques de la recherche, et avec la tutelle de la Société des sciences médicales du grand-duché de Luxembourg.

L'équipe des charbonnages français a préparé deux thèmes de travail : l'un concerne les problèmes posés par l'utilisation des étau métalliques dans les mines (y compris les problèmes de transport et de manutention), l'étude des contraintes, celle des aménagements portant sur l'ergonomie et l'organisation et les problèmes posés par l'utilisation d'une main-d'œuvre âgée dans ce type de travaux. L'autre

étude concerne une contribution ergonomique à la conception d'une nouvelle centrale thermique.

L'équipe des charbonnages néerlandais a préparé 5 études qui sont toutes en rapport avec le réseau de voies ferrées du fond. L'intérêt se porte sur les télécommunications par radio avec les mécaniciens de locomotives, la signalisation du trafic ferroviaire, l'analyse du travail du téléphoniste-chef des transports et l'automatisation d'une de ses tâches secondaires, et les télécommunications dans la taille. Ces problèmes posent des questions qui appartiennent aussi bien à l'ergonomie qu'à l'organisation et à la technique des transmissions.

L'équipe de la sidérurgie néerlandaise a préparé 7 études portant chacune sur des points très précis et limités; la charge de travail des maçons au convertisseur — l'influence des vêtements spéciaux sur la contrainte thermique et la possibilité de les porter dans la pratique — l'amélioration des signaux d'avertissement et de communication émis par les locomotives — la charge de travail lors de la réparation des fours — les possibilités d'amélioration du poste de contrôle de surface des produits laminés — la charge de travail de l'ébarbeur de billettes — la charge de travail du contrôleur du lit de refroidissement.

En outre, les travaux sont suivis par une équipe des charbonnages allemands (Steinkohlenbergbauverein), par la sidérurgie allemande (Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie) et par le Pr Metz au titre de la sidérurgie française.

A l'occasion des travaux préparatoires, une étude a été rédigée par le Pr Rohmert et le Dr Schlaich et publiée sous une forme provisoire, décrivant les centres ergonomiques existant dans l'industrie allemande.

TABLEAU RÉCAPITULATIF
Programmes de recherches relatifs à la médecine, à l'hygiène et à la sécurité
du travail, au 1er janvier 1968.

Domaines et titres des programmes	Décisions	Financement (en unités de compte, montants arrondis)	
		crédit global affecté	dépenses engagées
A – Médecine et hygiène du travail			
a) Physiopathologie et clinique			
1er programme (Médecine du travail)	5-10-55	1 200 000	1 200 000
2e programme (Médecine du travail)	7- 4-60	2 800 000	2 700 000
3e programme (Physiopathologie et clinique)	28- 4-64	3 000 000	2 300 000
b) Traumatologie et réadaptation			
1er programme (Réadaptation) (1)	5-12-57	500 000	500 000
2e programme (Traumatologie et réadaptation)	19- 6-64	1 800 000	1 100 000
3e programme (Brûlures)	18- 5-66	1 500 000	6 000
B – Physiologie et psychologie du travail			
a) Facteurs humains et sécurité			
1er programme (Facteurs humains et sécurité) (1)	5-12-57	1 000 000	1 000 000
2e programme (Facteurs humains et sécurité) (2)	4-11-64	1 200 000	600 000
b) Ergonomie			
1er programme (Physiologie, psychologie et aménagement du travail) (2)	4-11-64	2 000 000	800 000
C – Hygiène industrielle			
a) Lutte technique contre les poussières dans les mines			
1er programme (Lutte technique contre les poussières dans les mines) (1)	5-12-57	900 000	900 000
2e programme (Lutte technique contre les poussières dans les mines)	21-12-64	6 000 000	4 300 000
b) Lutte technique contre les poussières dans la sidérurgie			
1er programme (Lutte technique contre les poussières dans la sidérurgie) (1)	5-12-57	600 000	600 000
2e programme (Lutte technique contre les poussières dans la sidérurgie)	14- 6-67	4 000 000	1 000
c) Recherches isolées			
Fumées rousses des convertisseurs	18- 7-61	1 000 000	800 000
Fumées rousses des convertisseurs	19- 6-64	1 825 000	1 000 000
Facteurs climatiques dans les mines	16- 3-66	166 000	116 000
Élimination du fluor des gaz	16- 3-66	66 000	66 000
Total		29 507 000	17 989 000

(1) Ce programme fait partie d'un plan de financement unique, portant le titre général de «Sécurité» et groupant quatre programmes

(2) Ce programme fait partie d'un plan de financement unique, portant le titre général de «Facteurs humains et ergonomie» et groupant deux programmes

II – Programme de recherche de physiologie et de psychologie du travail

a) Programme «Facteurs humains et sécurité»

A – *Études générales*

A – 1. Évaluation du degré de sécurité et critères individuels et collectifs de réussite-sécurité

A – 2. Études sur les causes et circonstances des accidents

B – *La sélection et l'orientation professionnelle dans leurs rapports avec la sécurité*

B – 1. *Aspects physio-pathologiques des problèmes de sélection et d'orientation (notamment en ce qui concerne les états infra-cliniques)*

B – 2. *Problèmes posés par l'orientation et le reclassement des diminués physiques et psychiques*

B – 3. *Problèmes posés par l'orientation et le reclassement des travailleurs âgés*

B – 4. *Problèmes des travailleurs migrants*

B – 5. *Inventaire des techniques de sélection et d'orientation utilisées dans les mines et dans la sidérurgie*

C – *La formation professionnelle dans ses rapports avec la sécurité*

(notamment, étude et évaluation des moyens collectifs de formation à la sécurité)

D – *Les moyens de protection individuelle*

D – 1. Aspects psychologiques des problèmes posés par l'utilisation des moyens de protection individuelle. Méthodes à préconiser pour obtenir une plus large utilisation de ces moyens

D – 2. Études technologiques permettant la réalisation de modèles mieux adaptés aux exigences physiologiques et aux nécessités du travail minier et sidérurgique

E – *La charge de travail et la répartition des temps de travail dans leurs rapports avec la sécurité*

E – 1. *Incidences sur la sécurité de la charge de travail (intensité du rythme du travail, surcharge, monotonie, vigilance)*

E – 2. *Incidences sur la sécurité de la répartition des temps de travail et de repos (à l'intérieur de la durée journalière du poste, dans le fractionnement de la journée de travail, au cours d'un cycle périodique de postes)*

E – 3. *Incidences sur la sécurité du travail continu (choix et entraînement des personnels les plus adaptables au travail continu, influence de*

l'âge sur la capacité d'adaptation au travail continu, éléments d'ordre sociologique intervenant dans l'adaptation à ce mode de travail)

- F – *Les relations entre l'homme et la situation de travail dans leurs rapports avec la sécurité*
 - F – 1. Problèmes posés par la perception des signaux (avertisseurs de danger notamment) en fonction des charges sensorielles résultant de l'ambiance (bruit, vibrations, éclairage, etc.)
 - F – 2. Problèmes de la «compatibilité» des processus opératoires ou des commandes relativement aux facultés de perception et aux facultés psychomotrices (en particulier aux activités réflexes)
 - F – 3. Problèmes généraux de structure et d'organisation du milieu de travail : conception des postes de travail, des équipements, des bâtiments industriels, etc.
 - F – 4. Aspects psycho-sociologiques des problèmes posés par la constitution, la stabilité et la cohésion des groupes de travail, de l'alternance des équipes assurant un travail continu, de l'origine ethnique et de la langue du personnel des équipes)
 - F – 5. Attitude des cadres
 - b) Programme «Ergonomie» (physiologie et psychologie du travail – aménagement ergonomique du travail)

1. *Exigences et effets physiologiques et psychologiques du travail*

1.1 Études générales sur les exigences et les effets du travail

1.1.1 Effets à court terme du travail (en fonction de la nature, de la durée et de l'intensité du travail)

- Effets de la rotation des postes
- Effets des contraintes propres à chaque poste

1.1.2 Études sur la fatigue en milieu industriel

- Effets de la nature, de la durée, de l'intensité, du rythme et des conditions du travail; mode de dépistage, mesures préventives et thérapeutiques
- Étude des manifestations psychiques de la fatigue physique
- Mise en lumière objective de la fatigue mentale

1.1.3 Effets à long terme du travail

- Effets à certains postes pénibles
- Effets sur le vieillissement, l'invalidité et la durée de vie (recherches statistiques, biologiques et psychologiques)

1.2 Études limitées sur certains problèmes particuliers

1.2.1 Travail aux hautes températures

- Recherches sur les aptitudes au travail aux hautes températures, y compris les critères d'aptitude
- Élaboration d'un test simple pour la détermination de l'aptitude au travail à la chaleur
- Détermination des limites de tolérance chez les travailleurs à la chaleur en fonction des conditions d'ambiance (rayonnement, convec-

tion, température, humidité et vitesse de l'air) et de la charge de travail

- Recherches sur la protection au cours du travail à la chaleur
 - a) action sur l'ambiance: parois, écrans, conditionnement
 - b) protection individuelle: nature des tissus, conditions d'utilisation (lavage) et tolérance cutanée

1.2.2 Travail au bruit

- Élaboration d'une méthode et d'appareillages audiométriques simples permettant de réaliser des examens rapides et objectifs dans la pratique de la médecine d'entreprise
- Étude
 - a) de la diminution du bruit à la source
 - b) de la diminution du bruit par action sur l'ambiance
 - c) de la protection individuelle

1.2.3 Vibrations

- Étude des vibrations transmises aux membres supérieurs par les divers modèles de marteaux-piqueurs et recherche de leur diminution
- Établissement de critères de tolérance aux vibrations transmises par l'intermédiaire des mains
- Étude des suspensions et des sièges des véhicules de manutention

1.2.4 Postures de travail

- Étude des postures inhabituelles (accroupie, à genoux, demi-couchée)
- Étude des efforts statiques, en particulier lors de l'utilisation d'outils lourds, tel que le marteau-piqueur

1.2.5 Recherche de signes objectifs de la perturbation des mécanismes régulateurs permettant de fournir des indications sur l'aptitude au travail chez les ouvriers de la sidérurgie

1.2.6 Exigences et effets liés aux activités mentales des travaux de surveillance et de contrôle

- Étude de la prise et du traitement des informations
- Recherche des aménagements

1.2.7 Exigences du travail en relation avec l'âge

- Étude des exigences de certains postes ayant une relation caractéristique avec l'âge et recherche des aménagements permettant de maintenir le personnel à ces postes

2. *Aménagement de certains postes de travail, à réaliser compte tenu des exigences physiologiques et psychologiques, en utilisant notamment les méthodes multidisciplinaires ou ergonomiques*

Nota : Les milieux professionnels ont indiqué une série de postes de travail des mines et de la sidérurgie, qui méritent des aménagements en raison des différentes contraintes qu'on y rencontre et qu'il convient de réduire (efforts, posture, bruit, vibrations, chaleur, vapeurs nocives, climatisation, éclairage, charge mentale, tension psychologique, irrégularité des rythmes de travail et surcharges intermittentes, etc.)

III – Liste des recherches en cours du programme de physiologie et de psychologie du travail

a) 2e programme «Facteurs humains et sécurité» (au 1er janvier 1968)

Recherches individuelles (16 recherches)

Sélection

Dipl.-Psych. G. BÄUMLER

Psychologisches Institut der Universität Würzburg

Établissement et validation d'une série de tests pour la sélection des travailleurs en vue des activités industrielles de surveillance (recherche n° 12/015)

Dr. M. CANTIANI

Laboratoire de psychologie appliquée, Metz

Détection des aptitudes spécifiques pour les postes de pontonniers et grutiers (recherche n° 12/040)

Formation

Pr Dr M. BOLLE DE BAL

M.P. FELDHEIM

Institut de sociologie de l'université libre de Bruxelles

La formation professionnelle dans ses rapports avec la sécurité (recherche n° 12/009)

Prof. G. IACONO

Istituto di psicologia dell'Università di Napoli

Validation d'un perfectionnement psychologique des cadres pour la lutte contre les accidents (recherche n° 12/018)

Prof. G. SPALTRO

Istituto di psicologia dell'Università cattolica di Milano - Milano

Étude des effets du perfectionnement des cadres à la sécurité (recherche n° 12/030)

Dr J. JONGH

Stichting voor toegepast sociaal agolegisch en sociaal-psychologisch onderzoek, Amsterdam

Recherche concernant l'éducation en matière de sécurité dans l'enseignement technique primaire (recherche n° 12/029)

Moyens de protection individuelle

Dr. G. DE COCK

Psycho-medico-social studiecentrum, Leuven

L'utilisation des moyens de protection individuelle par les ouvriers agissant de leur propre initiative et en raison de leur interdépendance (recherche n° 12/028)

Ing. R. RAMEAU

Cerchar et Houillères du bassin du Nord-et-Pas-de-Calais, Mazingarbe

Étude ergonomique d'un aérateur autonome individuel utilisé pour la prévention du risque coniotique (recherche n° 12/034)

Prof. dott. M. CESA-BIANCHI

Istituto di psicologia della facoltà medica, Università degli studi, Milano

Comportement en matière d'utilisation des moyens de protection individuelle; mise au point d'une méthode développant l'utilisation de ces moyens (recherche n° 12/004)

Dott. G. GIRARD

Torino

Les composantes affectives du rapport travailleur-entreprise dans l'emploi ou le non-emploi des moyens de protection individuelle (recherche n° 12/001)

Aménagement des tâches : action sur l'environnement

Dr P. CAZAMIAN

Cerchar (Cerem) et Houillères du bassin de Lorraine, Merlebach

Détection de la fatigue auditive chez les travailleurs d'un charbonnage
– Incidence sur la sécurité – Recherche de solutions ergonomiques
(recherche n° 12/035)

Ing. R. PLOMP

Instituut voor Zintuigfysiologie – R.V.O.-T.N.O., Soesterberg

L'influence de bruits parasites sur le sens de la direction (recherche n° 12/020)

Aménagement des tâches : action sur l'organisation

Prof. Dr.-Ing. W. ROHMERT

Institut für Arbeitswissenschaft – Technische Hochschule, Darmstadt

Incidences de la charge de travail sur la sécurité (recherche n° 12/039)

M. DE MONTMOLLIN

Société d'études de mathématiques appliquées – Paris

Méthodes de détermination de la charge de travail dans les postes où prédominent les tâches de surveillance (recherche n° 12/008)

Dr. W. WINSEMIUS

Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde, Leiden

Recherche expérimentale sur les structures des tâches dans des situations de travail et des processus opératoires donnés en rapport avec la sécurité (recherche n° 12/021)

Prof. F. MERZ

Institut für Psychologie der Philipps-Universität – Marburg, Marburg/Lahn

L'exécution de mouvements volontaires et modification en fonction du résultat de l'action (recherche n° 12/038)

Recherches sur invitation

Organisation et sécurité (3 recherches; un animateur)

Prof. M. CESA-BIANCHI

Istituto di psicologia della facoltà medica dell'Università degli studi, Milano

Pr J.M. FAVERGE

Laboratoire de psychologie de l'université libre de Bruxelles – Bruxelles

Pr J. LEPLAT

Laboratoire de psychologie appliquée de l'École des hautes études – Paris

La sécurité en relation avec la structure et l'organisation du milieu de travail (recherches nos. 11/001, 11/002, 11/003 et 11/004)

b) 1er programme «Ergonomie» (au 1er janvier 1968)

Recherches individuelles (32 recherches)

Charge de travail

Prof. Dr.-Ing. W. ROHMERT

Institut für Arbeitswissenschaft – Technische Hochschule, Darmstadt

Effets des contraintes propres à chaque poste (recherche n° 22/007)

Prof. B. SCHULTE

Institut für Arbeitswissenschaft – Technische Universität, Berlin

Intensité optimale du travail de l'homme en cas de travail lié à un procédé mécanique (recherche n° 22/004)

Dr F. LAVENNE

Institut d'hygiène des mines, Hasselt

Effets de la nature, de la durée, de l'intensité, du rythme et des conditions de travail sur la fatigue (recherche n° 22/056)

Dr TARRIERE

Laboratoire de physiologie et de biomécanique de la R.N.U.R., Rueil-Malmaison

Contribution à l'étude en situation réelle du coût physiologique du travail en atelier (recherche n° 22/053)

Prof. R. MARGARIA

Istituto di fisiologia umana dell'Università di Milano

Capacité maximale de travail en aérobose et anaérobose chez les travailleurs de l'industrie lourde (recherche n° 22/017)

Prof. R. MARGARIA

Istituto di fisiologia umana dell'Università di Milano

Appréciation de la quantité de travail anaérobie et de ses effets sur l'organisme (recherche n° 22/040)

Biomécanique et contraintes posturales

Dr. H.G. SCHMIDT

Institut für Arbeitswissenschaft – Technische Universität, Berlin

Traits caractéristiques d'une posture fatigante – Introduction à l'aménagement du travail pour une posture optimale (recherche n° 22/005)

Dipl.-Ing. H. SCHNAUBER

Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund

Fatigue provoquée par un travail que l'ouvrier doit exécuter au-dessus de sa tête (recherche n° 22/047)

Prof. C.P. ODESCALCHI

Istituto di medicina del lavoro dell'Università di Pavia

Étude des postures de travail inhabituelles (recherche n° 22/009)

Activités mentales

M. DE MONTMOLLIN

Société d'études de mathématiques appliquées – Paris

Étude expérimentale du traitement de l'information dans les tâches de contrôle en situation dangereuse (recherche n° 22/030)

Dr P. CAZAMIAN

Centre d'études et de recherches ergonomiques minières du Cerchar - Mazingarbe

Activité électrique cérébrale dans les conditions : de l'activité mentale et de la fatigue expérimentales; du travail industriel automatisé (recherche n° 22/051)

Prof. R. MISITI

Istituto nazionale di psicologia del Consiglio nazionale delle ricerche – Roma

Apprentissage en condition d'incertitude de la réponse correcte (recherche n° 22/035bis)

Dr. SCHULZE

Max-Planck Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund

Critères objectifs pour la perception de signaux lumineux en fonction de la charge sensorielle (recherche n° 22/039)

Fatigue mentale

Prof. Dr. H. SCHMIDTKE

Institut für Arbeitspsychologie und Arbeitspädagogik der Technischen Hochschule, München

Études sur les manifestations psychiques de la fatigue physique (recherche n° 22/049)

Prof. M. SALVINI

Istituto di medicina preventiva dei lavoratori e psicotecnica dell'Università di Pavia

Détermination objective de la fatigue mentale dans une perspective psycho-physiologique (recherche n° 22/032)

Pr P. VERHAEGEN

Détérioration possible de l'activité psychique durant un travail effectué à des températures élevées; détermination de limites de tolérance et élaboration d'un test d'aptitude (recherche n° 22/033)

Travail à la chaleur

Dr. H.G. WENZEL

Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund

Influence de la vitesse de l'air sur le comportement physiologique de l'homme en cas de travail à la chaleur (recherche n° 22/046)

Dr F. LAVENNE

Institut d'hygiène des mines, Hasselt

Élaboration d'un test simple pour la détermination de l'aptitude au travail à la chaleur (recherche n° 22/055)

Détermination des limites de tolérance au travail à haute température à partir de ses répercussions métaboliques et endocriniennes (recherche n° 22/054)

Dr P. CAZAMIAN

Cerchar (Cerem), Houillères du bassin de Blanzy, Montceau-les-Mines

Études physiologiques des problèmes de surcharge imputables à la chaleur dans certains chantiers des charbonnages (recherche n° 22/050)

Prof. R. MARGARIA

Istituto di fisiologia umana dell'Università di Milano

Effets d'une température élevée sur la résistance respiratoire (recherche n° 22/006)

Prof. D. ZANNINI

Istituto di medicina del lavoro dell'Università di Genova

Recherche sur les aptitudes au travail aux hautes températures, y compris les critères d'aptitude (recherche n° 22/021)

Dr R. FOEHR

Service de médecine du travail – ARBED, Dudelange

Travail aux hautes températures (recherche n° 22/003)

Travail au bruit

Prof. K. SCHUBERT

Univ.-HNO-Klinik, Bonn

Audiométrie objective (recherche n° 22/031)

Prof. S. MAUGERI

Istituto di medicina del lavoro dell'Università di Pavia

Mécanisme de l'action des bruits et des vibrations sur la fatigue intellectuelle et de la tolérance à ces agents (recherche n° 22/010)

Dr F. VAN LAAR

Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde, Leiden

Dépistage de la surdité professionnelle au moyen d'un procédé audiométrique simplifié (recherche n° 22/027)

Audiométrie simplifiée de la parole permettant de déterminer la validité sociale (recherche n° 22/028)

Vibrations

Dr.-Ing. R. COERMANN

Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund

Étude des possibilités d'un amortissement efficace pour les sièges des véhicules (recherche n° 22/026)

Effet des vibrations sinusoïdales sur le système main-bras, en fonction de la fréquence des vibrations (recherche n° 22/019)

Pr A. WISNER

Laboratoire de physiologie du travail du C.N.R.S., Paris

Mise au point et validation d'un critère de tolérance aux vibrations de basses fréquences (recherche n° 22/025)

Applications ergonomiques

Dr. F. BURKARDT

Hauptabteilung Arbeitsschutz der Salzgitter Hüttenwerk AG, Salzgitter

Allègement de diverses activités sidérurgiques grâce à de nouvelles formes d'éclairage (recherche n° 22/041)

Pr A. WISNER

Laboratoire de physiologie du travail du C.N.R.S., Paris

Évaluation des propriétés de filtrage des moyens individuels de protection contre le bruit; audibilité de la parole; tolérance à long terme des appareils (recherche n° 22/024)

Recherches sur invitation

Activités mentales (3 recherches; 1 animateur)

Dr J.W.H. KALSBECK

Laboratorium voor Ergonomische Psychologie T.N.O., Amsterdam

Pr J. LEPLAT

Laboratoire de psychologie appliquée de l'École pratique des hautes études, Paris

Prof. Dr. H. SCHMIDTKE

Institut für Arbeitsphysiologie und Arbeitspädagogik der Technischen Hochschule, München

Étude de la charge mentale dans le travail à des postes de contrôle de processus automatisés dans la sidérurgie (recherches nos. 21/01, 21/02, 21/03 et 21/04)

Recherche communautaire ergonomique (11 recherches; 2 conseillers)

Pr F.H. BONJER

Afdeling Arbeidsgeneeskunde Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde, Leiden

Étude de la charge de travail des maçons au convertisseur (recherche n° 6242/23/05 – projet n° 1)

Étude de l'influence des vêtements spéciaux sur la contrainte thermique et de la possibilité de les porter dans la pratique (recherche n° 6242/23/05 – projet n° 2)

Étude sur l'amélioration des signaux d'avertissement et de communication émis par les locomotives (recherche n° 6242/23/05 – projet n° 3)

Étude ergonomique de la charge de travail de l'ébarbeur de billettes (recherche n° 6242/23/05 – projet n° 4)

Étude des possibilités d'amélioration du poste de contrôle de surface des produits laminés (recherche n° 6242/23/05 – projet n° 5)

Dr P. CAZAMIAN

Centre d'études et recherches des charbonnages de France, Centre d'études et recherches ergonomiques minières, Paris

Étude des problèmes posés par l'utilisation des étauçons métalliques dans les mines (y compris les problèmes de transport et de manutention) : étude des contraintes; aménagements ergonomiques et organisationnels; problèmes posés par l'utilisation d'une main-d'œuvre âgée dans ce type de travaux (recherche n° 6242/23/03 – projet n° 1)

Contribution ergonomique à l'engineering d'une nouvelle centrale thermique (recherche n° 6242/23/03 – projet n° 2)

Dr G.B.M.L. KOENE

Sector Psychologie en Personeelsresearch, NV Nederlandse Staatsmijnen, DSM, Heerlen

Télécommunications par radio avec les mécaniciens de locomotives au fond (recherche n° 6242/23/04 – projet n° 1a)

Signalisation du trafic ferroviaire au fond (recherche n° 6242/23/04 – projet n° 1 b)

Automatisation d'une tâche secondaire du téléphoniste-chef des transports (recherche n° 6242/23/04 – projet n° 1 c)

Télécommunications dans la taille (recherche n° 6242/23/04 – projet n° 2)

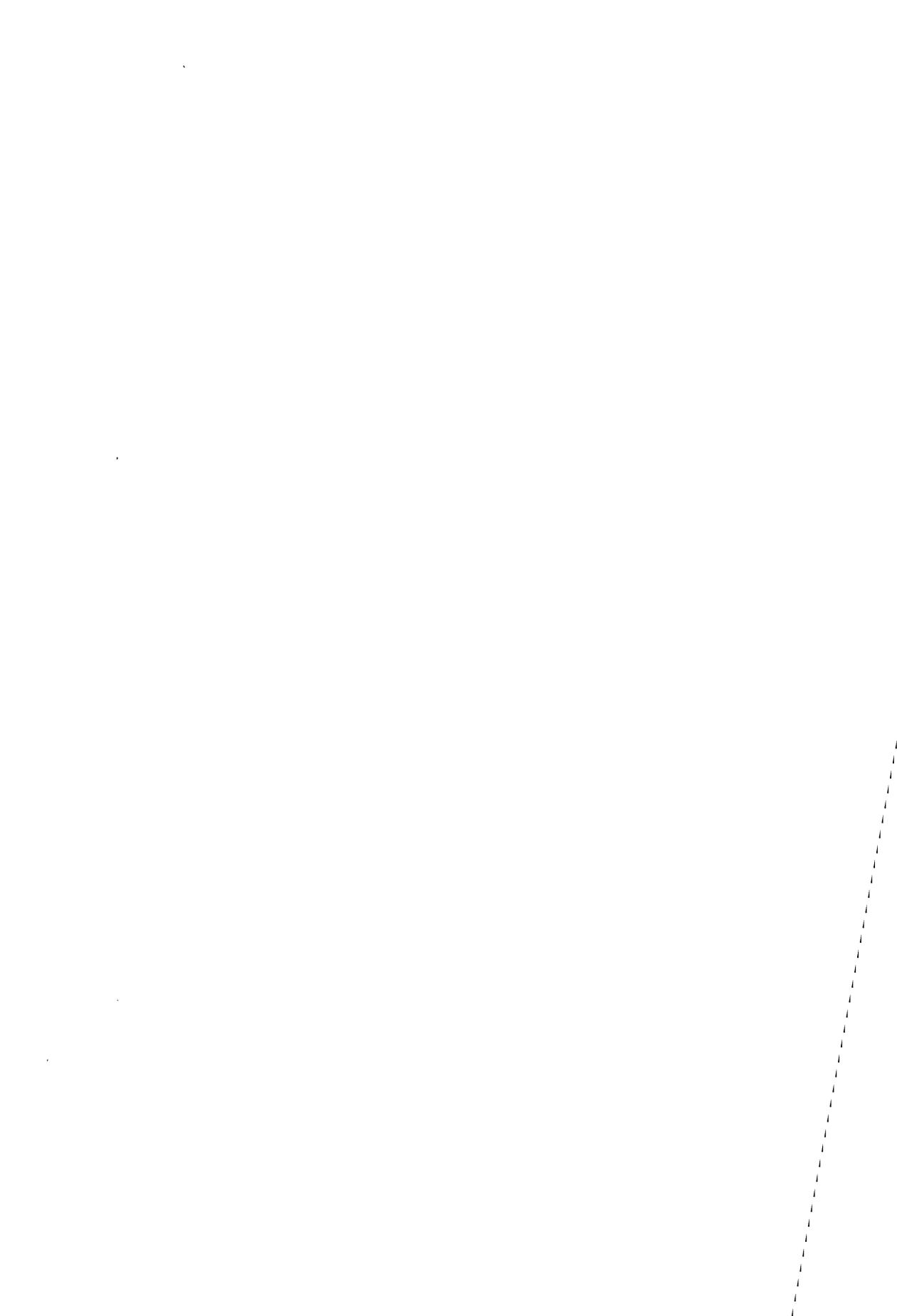
Prof. Dr-Ing. W. ROHMERT

Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Hochschule, Darmstadt

Pr A. WISNER

Chaire de physiologie du travail et d'ergonomie – Conservatoire national des arts et métiers, Paris

Assistance à la Commission des Communautés européennes pour la coordination des travaux des équipes de la RCE (recherche n° 6242/23/01)



Physiopathological and clinical studies of respiratory complaints

Toxicology

3rd Programme

Progress report on research
programmes on industrial
medicine, health and safety
as at January 1, 1968

PHYSIOPATHOLOGICAL AND CLINICAL STUDIES OF
RESPIRATORY COMPLAINTS

TOXICOLOGY

Physiopathological
and clinical studies
of respiratory
complaints

Toxicology

3rd Programme

Progress report on research
programmes on industrial
medicine, health and safety
as at January 1, 1968

LIBRARY
EUROPEAN COMMUNITY
INFORMATION SERVICE
WASHINGTON, D. C.

FOREWORD

When taking over from the High Authority, the Commission of the European Communities expressed the wish to continue the work on the various research programmes already undertaken within the framework of the ECSC Treaty.

This paper outlines the stage reached with the physiopathological and clinical studies of respiratory complaints covered by heading A. a), 3rd programme, in the annexed table, which shows how these subjects fit into the ECSC overall promotion of research on industrial medicine, health and safety.

The principles guiding the Commission of the European Communities' methods are described in detail in the publication "High Authority policy for the promotion of study and research on industrial medicine health and safety".⁽¹⁾

For readers unable to consult this document, the principles and methods applied can be summarized as follows :

a) The promotion of industrial health and safety by the collection and distribution of information which can be applied :

- (i) to the prevention of industrial illnesses and consequences;
 - (ii) to the treatment of their symptoms and consequences;
 - (iii) to the rehabilitation of workers who have been ill or injured.
- Exchanges of views and experiences and original research and studies are promoted and encouraged to this end.

b) Use of the Community levy to finance research and other essential activities, under "Programmes" spread over a number of years and each directed to a specific field of research.

c) Close co-operation with the employers' and workers' associations and government departments concerned, during the preparation and execution of programmes and the circulation of findings.

F. VINCK
Director General

(1) Publications Department of the European Communities, Luxembourg, 1966.

CONTENTS

	Page
Foreword	7
Introduction	11
<i>Basic research in the pneumoconioses</i>	13
The elimination and the retention of dust by the lungs	13
The injurious effects of siliceous dusts and mixed dusts on cells and tissues	14
Substances which inhibit the toxic effect of dust	16
The role of infection in the development of the pneumoconioses	18
Factors which condition sensitivity and resistance to dust	19
<i>Respiratory physiopathology</i>	21
<i>Chronic Bronchitis and Emphysema</i>	30
a) Aetiopathogenesis	30
Epidemiological surveys	30
Constitutional factors	33
Functional data in chronic bronchitis and emphysema	33
b) Prevention and treatment	34
Research on the bronchial mucus	34
Bronchodilators	36
Respiratory cinesitherapy	36
Anti-influenzal vaccination	37

	Page
<i>Toxicology</i>	38
a) Carbon monoxide	38
b) Other toxic agents	39
Effects of cristobalite, tridymite, and silica	39
<i>List of research projects</i>	41
<i>Synoptic table of research programmes sponsored</i>	50

Introduction

A sum of 3 million EMA-units of account was allocated for the 3rd programme of physiopathological and clinical research initiated by the ECSC in 1964. Starting in 1965, this programme now covers 86 current research projects, and total commitments so far amount to 75% of the full appropriation (see 15th General Report of the High Authority, Statistical Annex, Industrial Problems).

The programme covers four basic fields of research:

- A. Basic research on pneumoconiosis;
- B. Physiopathological and clinical research;
- C. Research on chronic bronchitis and emphysema;
- D. Toxicology : carbon monoxide, other toxic agents.

The pages which follow describe progress up to January 1, 1968 on the basis of the half-yearly scientific reports submitted to the Commission of the European Communities under agreements concluded with research institutes.

Basic research in the pneumoconioses

Active prophylaxis is the only effective measure at present available against coalworkers' pneumoconiosis. To be fully effective it must be based upon an exact understanding of the mechanisms which produce the pulmonary lesions. The acquisition of such understanding calls for experimentation at cellular level, to find out how the different inhaled dusts act and what associated exogenous or endogenous factors may modify the reaction of the respiratory apparatus to aggression from mineral particles.

The research projects at present in operation under the third five-year plan (1965-69) for financial support to research are concerned with:

- the elimination and the retention of dust by the lungs;
- the injurious effects of siliceous dusts and mixed dusts on cells and tissues;
- substances which inhibit the toxic effect of dust;
- the role of infection in the development of the pneumoconioses;
- factors which condition sensitivity and resistance to dust.

Analysis of the work done during 1967 warrants a favourable judgement of these projects' progress and achievement. They have been conducted in conformity with the guiding plan established at the outset; more important still, they have added to knowledge of the physiopathological mechanisms which govern the evolution of the pulmonary lesions in pneumoconiosis.

The elimination and the retention of dust by the lungs

The behaviour of inhaled dust during the processes of pulmonary scavenging, and the influence of its composition and quantity on its behaviour, had been established previously by statistical methods, and particle size of intrapulmonary dust in acute and chronic human silicosis had been determined. Submicroscopic studies had revealed no significant relation between particle size on the one hand and mineral particle concentration in total inhaled dust on the other, while microscopic studies had demonstrated the important part played by the lymphatic system in lung cleansing.

Prof. Thomas and Dr. Einbrodt (Göttingen) have shown that:

- dust particle size decreases from the lungs towards the intrapulmonary and extrapulmonary lymph nodes;

quartz particle size increases from the lungs towards the intrapulmonary and extrapulmonary lymph nodes;

quartz content increases markedly from the lungs towards the intrapulmonary lymph nodes, then falls in the extrapulmonary lymph nodes.

The potential practical usefulness of lymph node biopsy in the early diagnosis of pneumoconiosis is thus evident.

Animal experiments have proceeded *pari passu* with investigations in man. Prof. Schlipkötter (Düsseldorf) has measured particle deposition and rate of particle elimination after prolonged and uninterrupted dust inhalation in various animals, including mice, hamsters, guinea-pigs, cats, and dogs. The amount of dust deposited varies in the species studied, while within a given species it increases in proportion to the size of the animal. For their size rats retain much dust and rabbits relatively little. The speed with which particles are eliminated from the lungs, on the other hand, is approximately the same in all the species, the only exception being guinea-pigs, in which it is especially slow. The real interest of this work lies in its possible application to man.

Prof. Ulmer (Bochum), likewise continuing animal studies on pulmonary cleansing, is observing the effects of administration of modifying substances such as adrenocortical hormones. Glucocorticoids depress the phagocytic capacity of the macrophages, a depressor effect which is reversible and disappears when the drug is withdrawn. The intimate mechanisms governing the mode of action of these hormonal substances are at present under study.

Prof. Thomas and Dr. Einbrodt (Göttingen) are conducting an *in vivo* investigation, based on sputum observation, of bronchial cleansing in coal-miners. There is every indication that the investigation will be a success and that it will yield valuable information.

The injurious effects of siliceous dusts and mixed dusts on cells and tissues

The importance of the phagocytes, whose mission it is to block invasion by dust particles at the alveolar level, was demonstrated in the preceding research. To phagocytose quartz dust alveolar macrophages must be in the living state ; quartz dust, once they have ingested it, rapidly damages and destroys them.

Working in this field, Prof. Gernez-Rieux and Prof. Voisin (Lille) have detected, by electron microscopy, important quantitative alterations in the intracellular lysosomes. To facilitate objective study of these lysosomal changes they have elaborated a new technique (by which free phosphatase is differentiated from intralysosomal phosphatase) for determining acid phosphatase. It permits objective and comparative observation *in vivo* and *in vitro* of the reaction of the lysosomes of the alveolar macrophages to different types of cellular aggression. Observation of *in vitro* phagocytosis of silica particles of various sizes has given interesting initial results. At varying doses of a given type of silica, intralysosomal phosphatase activity falls in proportion as the percentage of phagocytosis rises. Intralysosomal phosphatase activity also varies with the size of silica particles, being maximal with the largest particles.

The cytotoxicity of various forms of silica for other cellular systems is being investigated by Prof. Thomas and Prof. Strecker at Göttingen. They have confirmed that damage to erythrocyte membrane by quartz particles varies with both the shape and the purity of the particles. Unfortunately their technique has proved inapplicable to dust analysis in lungs extensively invaded by silicosis.

Prof. Reploh and Dr. Einbrodt (Münster) plan to study the effect of quartz dust on other cellular systems (such as bacteria, protoplasts, and spheroplasts) using as criterion estimation of nucleic acids set free during bacteriolysis.

Prof. Thomas and Dr. Strecker (Göttingen) are seeking to define the changes which quartz particles cause in lysosome membrane. It is too early to draw conclusions from the results thus far obtained.

Factors liable to modify the behaviour of the alveolar macrophages, which are responsible for phagocytosis and elimination of mineral particles, are also receiving attention in current research.

The Lille group are at present following up their earlier work on the effects of influenzal virus and of pathological bronchial secretions on guinea-pig alveolar macrophages with a study of changes in these latter cells consequent upon inhalation of spores of *Aspergillus fumigatus* by (a) non-dusted animals and (b) animals previously dusted with mineral particles. This investigation may have a bearing on a recent clinical observation that aspergillus infection not infrequently establishes itself in the lungs of miners with pneumoconiosis.

Massive inhalation of live spores of *Aspergillus fumigatus* provokes in the lung tissue of guinea-pigs an inflammatory reaction which recedes within 10 to 12 days. Counts of viable spores in the lung show complete disappearance of the fungus within this lapse of time, as a result of the phagocytic activity of the alveolar macrophages. If the macrophages are collected by Myrvik's technique within 24 hours to 20 days after spore inhalation and preserved alive *in vitro*, their fate can be followed by phase-contrast microcinematography, electron microscopy, and acid phosphatase determinations. Cell damage follows immediately upon phagocytosis of the live spores; plasmodia, intracellular pigment deposits, and myelin figures appear between the first and the sixth day; cell lysosome content (as reflected by free and masked acid phosphatase levels) then rises progressively. Prior immunization of the animals does not modify the dynamics of the pulmonary tissue's reaction to spore inhalation. The experiment is being repeated in guinea-pigs which have first been exposed to dust from pure coal; the initial results show no meaningful difference, when dust exposure has been brief, between their response and that of the non-dusted animals.

The reaction of lung tissue to aggression by quartz and by free crystalline silica continues to be probed in a series of research activities.

The death of cells loaded with quartz dust is a significant factor in the pathogenesis of silicotic fibrosis. Work in progress at Göttingen has shown how particle size and composition influence tissue reaction by determining the degree and the speed of onset of necrosis in the dust-laden macrophages. Quantitative data from chemical analysis and ultrahistological studies suggest that collagen formation in the silicotic granuloma may be looked upon as a "reaction of exaggeration" on the part of the pulmonary tissue. Such reaction would consist

in (i) defective breakdown of the debris of dust cells and the appearance of fibroblast-stimulating mediators and (ii) the release of substances, such as lysophosphatides, which act on the vascular system and thereby lead to hyalinization.

Prof. Mottura at Turin is working on experimentally-induced silicosis in animals. In a systematic study of rat pulmonary parenchyma in relation to varying duration of dust exposure and to different survival times, he has found that animals housed in revolving cages placed in dust chambers whose atmosphere contains 150 particles of quartz per ml need at least 24 hours' exposure for typical silicotic nodules to be discernible 18 months later.

In a further experiment now in progress, on the same lines but with animals killed at shorter intervals after dust exposure, no change in pulmonary and lymph node architecture is detected after three months; after six months large agglomerates of lymphoreticular cells and clusters of necrosing macrophages are present in the lung tissue.

The approach adopted by Prof. Fritze (Bochum) consists in observing the pyrogenic action of quartz and of other forms of silica, and is directed to exploring the role of the reticulo-endothelial system in the mechanisms controlling this action. The work has already shown that cristobalite and tridymite behave differently from rock crystal, and current experimentation is trying to explain this.

Substances which inhibit the toxic effect of dust

The polymer polyvinylpyridine-N-oxide or P 204 has continued to be the object of much research and its high activity, both *in vivo* in animals and *in vitro*, remains unchallenged. Prof. Schlipköter (Düsseldorf) has found that if administered at the same time as quartz, or after, it arrests incipient experimental silicosis in rats, mice, rabbits, and guinea-pigs. The protective action is manifest when it is given subcutaneously, intraperitoneally, or intravenously. Prof. Ulmer's work at Bochum suggests that the best protective and therapeutic effects are obtained when it is given by the intravenous route. Specification of mode of administration is all the more essential because of its bearing on the important problem of determining toxicity. While absence of acute toxicity has been confirmed experimentally, the product's poor elimination has to be taken into account. Accumulation is substantial and prolonged in certain parenchymata, especially spleen, pancreas, and testicles, but relatively slight in liver and lymph nodes; in the lungs it increases progressively in parallel with the injections.

Initial experimentation suggested that P 204 was not so active when administered as an aerosol. However, Prof. Ulmer's more recent work has shown that the doses used had been too high, overloading the macrophages and exhausting their phagocytic capacity, so that the reverse of the desired protective effect was obtained. In the next experiments the polymer will be given in dosage equal to one-tenth of that used before.

Prof. Thomas's and Dr. Strecker's research work at Göttingen includes examination of the mode of action of P 204. That it acts at the beginning of the silicotic response seems to be confirmed. It opposes the detrimental effect of

dust on phagocytes, exerting its protective activity on the changes which quartz particles bring about in the lysosome membrane. It is possible that it may also be adsorbed onto dust itself, thus modifying the latter's physico-chemical properties, but whether a reaction between P 204 and the silicic acid which dissolves from the particles is an essential factor in its mechanism of action is not yet known. These findings link up with what has been learned about the release of acid phosphatase from phagosomes or phagolysosomes.

P 204 likewise inhibits the fibroblastic tissue reaction which follows administration of various dusts, including cristobalite, tridymite, lean coal, and kaolin. Finally, it greatly assists pulmonary and bronchial scavenging.

Prof. Vigliani (Milan) has conducted *in vivo* and *in vitro* studies of other polymers, preliminary results having suggested that other chemical groupings can endow macromolecular substances with protective properties.

The *in vitro* activity of N 57 and N 60 (polymers of the oxide-N-aliphatic group) has proved comparable to that of P 204 towards tridymite. The morpholinic polymers N 40, N 41, and N 42 do not exert their protective effect unless they are administered before the silica particles.

In vivo experiments have confirmed the protective properties of N 24; histological examination reveals no silicotic nodules but clumps of macrophages containing particles of tridymite and droplets of polymer. On the other hand, the protective potency of the polymers N 40, N 41, and N 42 has been found to be nil *in vivo*, and that of N 60 less than *in vitro*. Oxyproline determinations now being performed will probably confirm these results.

Other substances capable of modifying the silicotic reaction are at present under study at Prof. Mosinger's Institute at Marseilles. Previous work, aimed at influencing the third phase of the tissue response to quartz (that is, the formation of connective tissue) showed that adrenal hormones both stimulate the alveolar macrophages and encourage discharge of dust via the lymphatics and the blood stream. The present work compares the action of oestrogens with that of P 204. Oestrogens protect rat and guinea-pig macrophages from necrosis *in vivo*; they stimulate proliferation of the alveolar macrophages, leading to a condition which may justifiably be termed "silico-oestrogenic pneumopathy"; their antisilicotic properties, however, are weaker than those of P 204.

Experiments are being conducted at present (i) to determine the frequency with which these protective substances cause pulmonary neoplasms and (ii) to find a means of preventing the stimulant action of oestrogens.

Prof. Ulmer's experimentation at Bochum with rats first exposed to dust from a mixture of quartz and coal in equal proportion and then treated with aluminium chloride, aluminium hydroxychloride, and P 204, is now terminated. Analysis of the histopathological findings (on both light and electron microscopy) will not be completed for some months; it will guide the decision as to which of the substances tested will be used in the next experimentation, which is to be conducted with monkeys.

The role of infection in the development of the pneumoconioses

The Cerchar⁽¹⁾ group at Paris are studying this complex problem, and are approaching it in several ways.

The research undertaken previously to evaluate the influence of pulmonary dust load on the evolution of tuberculous infection is now finished. The results have been subjected to statistical analysis and show that the extent and the seriousness of the tuberculous foci increase in proportion to the quantity of dust present in the lungs, be it fibrogenic dust or not. The aggravation is reflected anatomically by the greater extent of the lesions and bacteriologically by greater multiplication of the organisms. Moreover, when the quantity of dust oversteps a certain limit, pulmonary lesions which are normally regressive cease to be so. The nature of the dust—pure coal or a coal-quartz mixture containing 15% of quartz—has minimal impact on the results.

The influence of the duration of infection (by *Mycobacterium kansasii* W₁₂) on the effects of a single short exposure to dust has been observed in guinea-pigs. Although little dust is retained in the lungs, the tuberculous lesions are more widespread, more numerous, and more mutilating in animals both dusted and inoculated than in those only inoculated. Infection seems to make no appreciable difference to the expulsion of inhaled dust from the lungs but histological examination reveals a change in its distribution, the interstitium being more heavily loaded with particles in infected animals than in controls; in these latter the dust is confined to the alveoli.

Another line of research is study of experimentally-induced tuberculous lesions at their early stage in guinea-pigs lightly exposed to coal dust. Electron microscopy reveals little dust in the tuberculous foci, a pronounced septal reaction (which, by determining the degree of destruction of the alveoli, governs the evolution of the lesions), non-specific involution of the blood capillaries, dedifferentiation of the epithelial lining, and the advent of rows of cuboidal cells.

The sequence of events in the development of the alveolar lesions is as follows: pathological changes in, followed by disappearance of, the blood capillaries; invasion by lymphocytes; disappearance of the air-space which gradually becomes filled with macrophages, lymphocytes, and polynuclear cells; and, finally, rupture of the basal membrane heralding complete destruction of the alveolus and its incorporation in the diffuse connective-tissue granuloma. Analysis of the nodules so formed reveals simultaneous intervention of tissue-destructive and tissue-constructive processes (appearance of fibroblasts and immunologically competent cells).

The influence of inoculation route upon the development of tuberculous infection in the dusted lung is also being investigated. Subcutaneous injection of organisms of the *Mycobacterium kansasii* W₁₂ type has not proved an effective means of

(1) Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France (Research Centre, French Coal Industry).

systematically producing pulmonary lesions. An apparatus for infecting animals by bacterial aerosol is now ready for use and will enable air-borne contamination to be studied in dusted subjects.

Finally, a series of research projects are being directed to the effects of exposure to dust on BCG vaccination. According to the initial results, dust does not cause reactivation but does intensify the pulmonary and lymph node reactions to the vaccine, reactions which are especially evident where the latter has been given intravenously, and which are never tuberculous in appearance. Additional studies have been started to find out if vaccination influences the formation of dust aggregates.

Factors which condition sensitivity and resistance to dust

Research to assess the influence of immunological reactivity on silicotic fibrosis is being conducted at Paris under the direction of Dr. G.A. Voisin and has contributed to understanding of this subject. Determination of the effect of a purified antigen, siderophilin, on the fibrogenic potency of quartz prepared the way for guinea-pig studies of the chronological relations and the associations between the different types of hypersensitivity observed. Interpretation of the experimental findings being rendered difficult by the intervention of anaphylactic hypersensitivity and of hypersensitivity of Arthus type, supplementary work has been done to elucidate the nature of such intervention, and its results will be published very shortly.

The mechanisms concerned in hypersensitivity reactions liable to be implicated in silicogenic fibrosis have been analyzed from the point of view of vascular permeability in the Arthus phenomenon. Changes in vascular permeability are known to be a central feature in the initial stage of the inflammatory reaction, of which fibrosis is the final stage.

Research on the influence of delayed hypersensitivity on quartz fibrogenesis was initiated in guinea-pigs, but it was found that these are not ideal animals for such investigation. This important subject will therefore be taken up again in a fresh series of experiments, this time in the rat, an animal whose satisfactory fibrogenic potentialities are known and have been classified.

An additional activity in the immunological sphere is that of Professors Vigliani and Pernis (Milan) who are using the *in vitro* macrophage migration test in an endeavour to appraise the consequences of delayed-type hypersensitivity reactions on silicotic fibrosis. Experimental work in guinea-pigs was planned but has been temporarily delayed. A further study now in progress consists in administering a single intratracheal injection of silica to rats which had previously received serial injections of horse serum.

Prof. Fritze (Bochum) is performing comparative immunoelectrophoretic analysis of, respectively, normal lung and the pseudotumoral masses of human silicosis. The results appear to indicate that pneumoconiotic tissue contains antigenic substances not present in normal pulmonary tissue. Attempts to isolate basic polypeptides from pseudotumoral tissue have led to separation of three protein fractions which may be histones. This line of research is being pursued.

That the third programme of basic research in silicosis is progressing very satisfactorily emerges clearly from the above scrutiny of the results obtained during 1967. It confirms that the projects entrusted to the different research centres are fully integrated, and that there is every likelihood of their uncovering new factors in the genesis of coalworkers' pneumoconiosis. It may thus be hoped that the near future will see a decisive advance in the effective protection of the health of workers.

Respiratory physiopathology

The following pages summarize the most important work performed during the past year in the centres engaged on research in respiratory physiopathology.

Attention should be drawn from the outset to the significant progress that has been made in these research projects in most of the centres concerned. Many of the projects are in process of completion and the results of some have been published.

Profs. Ulmer, Worth, and Maugeri have studied the development of silicosis and conducted comparative assessments of respiratory function in coalworkers and in normal subjects.

Prof. Ulmer (Bochum) has completed part of his research programme and has published the results under the title "Comparative clinical and functional investigations in miners with and without silicosis and in workers not exposed to dust".

In another group of miners—500 in number, with radiographic evidence of pneumoconiosis, and selected at random from among men known to have this condition—Prof. Ulmer has followed the evolution of the functional pulmonary deficit and compared it with evolution in pulmonary function in over 4,000 healthy people from a centre of population in the Ruhr. The results of this survey were communicated at the Münster Congress on the pneumoconioses and will be published in the Proceedings of that Congress.

The same observer and his team are at present submitting miners with severe silicosis to a battery of functional tests in order to find out if they have a higher incidence of bronchitis and emphysema than the mean of the population.

Prof. Worth (Moers) has followed several lines of research. In the hope of throwing fresh light on the aetiopathogenesis of chronic bronchitis and emphysema, he has investigated—by case histories based upon the ECSC questionnaire, clinical examination, radiology, electrocardiography, and tests of function—132 labourers in the metalworking industry and 146 employees and workmen belonging to an administrative service and to a transport company.

He has also conducted a comprehensive assessment of function in 219 miners suffering from incipient silicosis, who had been investigated four years previously and had not worked in the mines since. The examinations they have undergone will show whether removal from a dusty site suffices in itself to prevent silicosis from developing into a chronic, obstructive respiratory disease, or whether additional measures are needed. The results will be published shortly, after having been subjected to statistical analysis.

Seeking to identify the factor limiting strenuous physical exercise, he measured cardiac, circulatory, respiratory, and metabolic parameters in some 20 highly trained athletes who were made to perform increasing grades of exercise up to an energy expenditure level of 400 watts on the bicycle ergometer. The results assigned the limiting role to the cardiovascular system.

Prof. Worth reports two facts of importance in treatment. First, he has experimented with two bronchodilator drugs and found them to have a duration of effective action of over eight hours. Second, during treatment with saluretic agents in patients with disorder of pulmonary gaseous exchange, he has noted the early appearance of metabolic alkalosis accompanied by rise in P_{a,CO_2} and later by restoration of acid-base balance. In all patients so treated the alveolar-arterial gradient of oxygen tension fell while the P_{a,O_2} tended to rise.

Continuing their studies of respiratory function in workers in the iron and steel industry examined at their place of work, Prof. Maugeri and Prof. Pezzagno (Pavia) have carried out lung function tests in 41 subjects exposed to dust and in 42 volunteers working in the same industry but not exposed to dust. The tests used were: spirometry, with estimation of residual volume by the closed-circuit method; measurement of pulmonary diffusing capacity for carbon monoxide by a rebreathing technique; continuous monitoring of carbon dioxide in expired gas and recording of the values in the form of a tracing (capnigram); and, finally, helium wash-in; the last two procedures mentioned are performed with the Visser katapherometer.

Although the investigators have as yet insufficient data for statistically significant conclusions or for interpretation of the carbon dioxide and helium expiration curves, they have noted that spirometer values are frankly abnormal in some workers exposed to dust and that diffusing capacity is reduced in most. This investigation continues.

Four research groups have studied pulmonary permeability to carbon monoxide and three of them have compared different ways of estimating $D_{L,CO}$.

Prof. Maugeri (Pavia) has estimated $D_{L,CO}$ by the three classical methods—single-breath (breath-holding), steady-state, and rebreathing—in a large series of subjects, some healthy, some sick, the latter suffering from reticular silicosis, nodular silicosis, or chronic bronchitis. The single-breath (breath-holding) method used was that of Ogilvie and associates, and the steady-state method that of Filley and associates. In the rebreathing method, the subject rebreathes for 12 to 18 seconds into a bag containing carbon monoxide (about 0.25%) and helium (about 10%) in nitrogen; the carbon monoxide is measured in an infra-red analyzer and the other gases by chromatography. In neither the healthy nor the sick groups was a significant difference found between the $D_{L,CO}$ values measured by the single-breath and rebreathing methods respectively. In both groups, on the other hand, the $D_{L,CO}$ was significantly lower when measured by the steady-state method than when measured by the other two methods. Using these three techniques, Maugeri has begun determinations of pulmonary capillary volume and diffusing capacity of the alveolar capillary membrane in normal persons.

Dr. Billiet (Louvain) intends to adapt each of these three methods to the study of carbon monoxide transfer factor in artificially ventilated dogs. His interest is focused on the effect of unevenness of ventilation on $D_{L,CO}$ determination. This research calls for the elaboration of complicated equipment, in particular construction of a plethysmograph in which the animal will be enclosed while the measurements are being made, and of a respirator mobilizing gaseous mixtures at variable volumes and frequencies. The carbon monoxide will be measured by means of a rapid infra-red analyzer.

The Cerchar (Paris) are estimating $D_{L,CO}$ by the single-breath and steady-state methods, the latter (based on Bate's technique), being applied at rest and during exercise involving energy expenditure of 50 watts. They have measured $D_{L,CO}$ by these methods in 300 subjects—193 silicotics at different radiological stages and 107 patients with cardiac or other pulmonary conditions. The theoretical $D_{L,CO}$ values for the single-breath method are calculated by Cotes' formula depressed by the standard deviation; the values for the steady-state method had already been established by the Cerchar.

The results have been classified in four groups according to whether the $D_{L,CO}$ values are in concordance or not. The two concordance groups include the values which are normal or significantly lowered irrespective of the method used, and the two discordance groups those which are normal when estimated by one method and reduced when estimated by another.

The concordance groups comprise 58.7% of the cases. Of the 123 cases classified in the discordance groups, most (117) had reduced $D_{L,CO}$ by the steady-state method and normal $D_{L,CO}$ by the single-breath method. The researchers are reserving their physiopathological interpretation of these observations.

Prof. Galy (Lyons) used the single-breath method to assess diffusing capacity in 34 silicotic patients and 123 patients suffering from pure, irreversible, adult-type, chronic obstructive respiratory insufficiency. He expressed the $D_{L,CO}$ values in relation to alveolar volume ($D_{L,CO}/V_A$). In the 34 silicotics, this ratio was lowered in nine out of 10 with pseudotumoral silicosis but in only eight of 24 with the reticulo-micronodular or reticulo-macronodular forms of the disease. The 123 nonsilicotic patients fell into three groups: (i) 35 with a reduced $D_{L,CO}/V_A$ ratio and radiological evidence of diffuse emphysema; (ii) 42 in whom both the $D_{L,CO}/V_A$ ratio and the chest radiographs were normal; (iii) the remainder, with no radiological signs of diffuse emphysema but a lowered $D_{L,CO}/V_A$ ratio.

To sum up: in all patients with chronic obstructive respiratory insufficiency and radiological signs of emphysema the $D_{L,CO}/V_A$ ratio is lowered. In patients in whom this ratio is normal the chest radiographs show no evidence of diffuse emphysema. Finally, in a substantial number of patients the $D_{L,CO}/V_A$ ratio is lowered but there are no radiological signs of emphysema.

Prof. Lavenne (Louvain) has continued his research on diffusing capacity ($D_{L,CO}$) and on alveolar-arterial pressure gradients for oxygen and for carbon dioxide in coalworkers with pneumoconiosis.

He has introduced technical changes and improvements. Thus, the respiratory circuit used for measuring $D_{L,CO}$ by the single-breath method has been provided with electromagnetic valves based upon those used in Cotes' apparatus. A prototype rapid-acting electrode for estimation of oxygen in expired gas has been studied and calibrated. Direct estimation of alveolar PO_2 , otherwise calculated from an alveolar equation, will thus be possible.

The $D_{L,CO}$, at rest and during exertion, and the capillary volume have already been determined in several dozen coalworkers with pneumoconiosis and in normal subjects. In addition, the alveolar-arterial gradients for oxygen and for carbon dioxide have been measured, at rest and during exertion, in coalworkers and in controls, under a variety of conditions—ambient air, hypoxia (13% of O_2), and hyperoxia (50% and 100% of O_2).

Prof. Deenstra and Dr. Serra (Utrecht) have pursued the work begun by Deenstra and Visser in 1961. Their objective is to define the effect which changes in the distribution of air in the lungs exert on the alveolar-arterial gradients for oxygen and carbon dioxide. Since the alveolar CO_2 concentration depends on the \dot{V}_A/\dot{Q}_C ratio, and the alveolar O_2 concentration on the \dot{V}_A/\dot{Q}_C and \dot{Q}_C/D ratios, analysis of the shape of the alveolar expiratory plateau for CO_2 and O_2 , supplemented by analysis of that for expired He, supplies useful information on the distribution of the two ratios; especially when ventilation itself is unevenly distributed.

This research activity has been carried out on two planes, technical and physiopathological.

The investigators first effected technical improvements in their rapid analyzer for O_2 and CO_2 . It had been fitted with needle valves and these were replaced by diaphragms. Better control of gas output was secured by placing a short-circuit system in parallel to the measuring block. These modifications improved the apparatus in many ways: flux regulation became more accurate; the expiration curves were no longer distorted by water vapour and atmospheric impurities; and response time remained rapid even at very low gas outputs. A future activity planned by the Utrecht group is to determine the influence of carbon dioxide on oxygen expiration curves, although physiologically this appears to be negligible.

Using this improved apparatus, Deenstra and Serra have successfully performed instructive physiopathological experiments, including recording of the helium and carbon dioxide expiration curves for each lung separately in dogs in which lung transplantation had been carried out. The shape of the curve for expired helium from the healthy lung appears to suggest an obstructive deficit and that from the operated lung a restrictive one. In addition, the P_{A,CO_2} from the transplanted lung is reduced, as is also the oxygen consumption. Taken together, the functional and morbid anatomical data point to pleural adhesions and reduced alveolar vascularization on the operated side.

In another project they have recorded the curves for expired oxygen, carbon dioxide, and helium in 150 patients and 200 manual workers. Analysis and comparison of these curves provide mutually complementary data. In some cases marked arterial desaturation, depending on the distribution of the factor \dot{Q}_C/D or, more exactly, on the $\dot{V}_A/\dot{Q}_C/D$ ratio, can be detected by comparing the slopes of the curve for expired oxygen, carbon dioxide, and helium.

Prof. Ulmer (Bochum) and Prof. Cara (Paris) have continued with success their efforts to standardize certain ventilatory tests.

Prof. Ulmer has compared the values for residual volume measured by the helium-dilution technique and by whole-body plethysmography respectively. The latter gives more accurate and higher values, but the former yields readily reproducible values provided certain conditions are fulfilled. The results of this work will be published shortly.

The objective of another of Prof. Ulmer's research activities was to assess the reproducibility, over a period of one year, in normal volunteers, of measurements of airflow resistance by plethysmography during spontaneous respiration. The experimental part of this work is terminated. Analysis of the results will provide reference values for the plethysmography method for measuring airflow resistance during spontaneous respiration.

Prof. Cara has contributed to the standardization of certain respiratory tests and to the dissemination of information on the scientific work sponsored by the Community.

He is engaged in the codification of:

- (a) rapid respiratory tracings (of which certain have been selected and will be used for reference);
- (b) exercise tests, with special attention to rectangular and trapezoidal tests; a common terminology for exercise tests has been proposed;
- (c) measurement of residual volume and of intrapulmonary gas-mixing.

The same worker has also drawn up a supplement to the *aide-mémoire* on the performance of pulmonary ventilatory function tests by spirometry.

In addition, he made a communication at the Prague Congress on the scientific basis, the experimental aspects, and the clinical results of the activities of the ECSC experts during the last ten years. Finally, he did the preparatory work for several meetings of the committees on standardization.

Prof. Denolin (Brussels) has studied two fundamental problems, (i) the application of functional tests in pathological conditions of the heart and lungs and (ii) re-appraisal of the interpretation of the physical capacity tests used in industrial medicine.

Working on problem (i), he has re-examined various aspects of the reactions of cardiopulmonary invalids during effort.

In a review of techniques and of interpretation in electrocardiography, he has compared tracings recorded during exercise intensified at five-minute intervals with those obtained during exercise intensified gradually according to the method of Bonjer. He has re-analyzed the non-specific changes in the phase of repolarization at rest and the tracings taken during and after effort. Electrocardiograms recorded after exertion enable potential coronary insufficiency to be detected and the physical capacities of patients with angina pectoris or previous myocardial infarction to be determined.

He has made a special study of cardiopulmonary adaptation during the early stages of exertion; differences between oxygen consumption at the beginning of effort and after its termination will no doubt throw light on the physiopathological significance of oxygen debt. His work has also included estimation of cardiac output by injection of cardio-green, observation of changes in the blood volume and in the corpuscular and plasmatic constituents of the blood during effort, and re-study of arterial tension as measured at the brachial artery. His research has given sharper definition to the concept of lean body mass, a biometric parameter which is likely to promote better definition of physical capacity. The clinical validity of some of these procedures has already been tested in patients suffering from various cardiopathies.

Work on the second of Denolin's problems, interpretation of physical capacity tests, is well advanced and some conclusions may already be drawn. Determination of pulmonary ventilation, oxygen consumption, and heart rate in 61 volunteers (fitters in a motor-car assembly chain), (i) at work and (ii) in the laboratory on the bicycle ergometer, has revealed a high degree of correlation between cardiovascular response in workshop and laboratory respectively. In 16 of the volunteers, continuous telemetric recording of the heart rate during prolonged exertion (three hours) made it possible to estimate the total cost to the heart of the work performed. The results are in process of publication. A comparative study of energy expenditure (i) while at their work in the factory and (ii) in the laboratory on the bicycle ergometer is at present being conducted in a group of steelworkers exposed to intense noise. Pulmonary ventilation, oxygen consumption, heart rate, and blood pressure are estimated.

The haemodynamic repercussions of silicosis, of chronic bronchitis, and of emphysema have been the subject of many research projects.

Prof. Fritze (Bochum) has initiated pulmonary scintigraphy studies in sufferers from pneumoconiosis. He believes that this may prove to be a useful complementary investigation in reviewing the functional and radiological status of these patients.

Prof. Reale and Prof. Venturini (Rome) are using radioactive krypton (^{85}Kr) to evaluate the severity of certain vascular anomalies in the lungs. In cases of arterio-venous fistula they inject ^{85}Kr into the pulmonary artery and take a blood sample from the brachial artery. In arterio-venous shunts other than those due to angiomas, the ^{85}Kr is injected through a small catheter introduced into the superior vena cava; at the same time two blood samples are withdrawn from a branch of the pulmonary artery and from the brachial artery. Radioactivity measured in the arterial blood is expressed as a percentage of that found in the

pulmonary circulation. Patients with pulmonary arteriovenous fistula and with mitral stenosis have already been investigated by this procedure, and it is planned to examine others suffering from chronic pneumopathies.

Prof. Casula (Cagliari) is exploring means for detecting the onset of pulmonary hypertension at as early a stage as possible and is studying the effects of this condition on the chambers of the right heart in the chronic pneumopathies.

In pursuance of these investigations he has performed cardiac catheterization and recorded various parameters at rest and on effort in a large series of patients, who underwent in addition clinical and radiological examination, electrocardiography, and respiratory function tests. In some of the patients these procedures, in particular the cardiac catheterization, were repeated at varying intervals. Special attention was devoted to the electrocardiographic changes associated with right heart failure; tracings were taken both in the resting state and during exercise on the bicycle ergometer. Finally, this investigator has undertaken a comparative study of the values for cardiac output obtained (i) by the Fick method and (ii) by the dye injection method.

Prof. Gunella (Bologna) has already assembled data on the effects of mechanical ventilation on the haemodynamics of the lungs.

He uses three methods of artificial ventilation. The first, intermittent positive pressure ventilation, is operated by an MSA machine. In the second, alternating positive and negative pressures are produced by a Bird respirator Mark 8. The third method also depends on positive-negative pressure, but in addition the inspiration time: expiration time ratio can be modified at will; an SF4 apparatus is used. These three techniques have been tried in 15 patients (each technique in five patients) suffering from silicosis or from bronchitis and emphysema and whose S_{a,O_2} and P_{a,CO_2} were normal at rest. Finally, intermittent positive pressure ventilation has been tried in a fourth group of five patients, comparable to the other 15, during cardiac catheterization. Initial results suggest that mechanical ventilation, whatever the technique, has very few haemodynamic consequences.

Dr. Van de Woestijne (Louvain) has sought to assess the effect of various sources of error on measurements of intrathoracic pressure by the oesophageal balloon technique.

The influence of the mediastinal organs on intraoesophageal pressure was elucidated in experiments on dogs examined in different positions before and after opening the thoracic cage; it is a complex influence and was found to vary with the situation of the balloon in the oesophagus and with the position of the body. The mediastinum is largely responsible for the pressure gradient measured in the oesophagus, in the erect posture; this gradient is probably unrelated to the similar gradient measured in the pleura. Moreover, the mediastinum modifies pulmonary elastance.

In another investigation, conducted in human subjects, this researcher made a radiological study of the influence of the respiratory movements on the movements of the oesophagus.

An important cause of false intraoesophageal pressure readings is pulsation originating in the heart. The morphology of the resultant "cardiac artefacts" in oesophageal pressure tracings varies at different levels of the oesophagus and

at different stages of respiration. The errors of measurement to which they give rise may be substantial. Prof. Van de Woestijne has evaluated these errors in man and proposed a means of eliminating them; this consists in studying states of cardiac isocontraction, that is, in relating variations in oesophageal pressure to the stage of ventricular diastole. During this research he detected a second source of error, namely, displacement of air within the balloon. He has been able to demonstrate the impact of these two factors—cardiac artefacts and air displacement—on measurement of (i) pressure variation in the axis of the oesophagus (“intraoesophageal pressure gradient”) and (ii) static pulmonary compliance. This work has been the subject of many publications.

Prof. Bretschneider (Bochum) has continued his studies of coronary blood flow by means of inert gases.

Before beginning observations in humans, he developed certain complicated apparatus and techniques, in particular, a chamber for extracting the blood gases and a method for the chromatographic separation and estimation of argon. Various models of extraction chamber were tried and modified as necessary to achieve greater efficiency; their effectiveness was tested with liquids of different viscosity and with dog and human blood. The technique for chromatographic analysis of argon was simplified and improved: adjustment of the most important parameters facilitated linearization of the calibration curve; addition of sodium dithionite so modified the chemical binding of the oxygen in the blood sample that the oxygen produced only a single small, but constant, peak; the dithionite had the further advantage of enabling the chromatographic analysis to be performed at 50°C; finally, addition of a trace of octyl alcohol checked foam formation during rotation of the magnetic stirrer of the extraction chamber.

That the inhalation of high concentrations of argon in oxygen apparently evokes no reaction in the circulatory or respiratory systems was seen when these gaseous mixtures were administered to conscious men and to anaesthetized dogs.

Bretschneider has estimated coronary blood flow in dogs both by the argon method and by the classical method of coronary sinus catheterization, and has found good agreement between the results thus far obtained by the two procedures. Coronary vasodilator drugs greatly increase coronary blood flow, and here again the two techniques have given concordant results. After trials in animals Bretschneider hopes soon to be able to apply the argon method in man and thereby to obtain accurate data on coronary blood flow. The results of his work on the extraction chamber and on chromatographic analysis have been published.

Dr. Wassner (Bremen) has recorded and analyzed the tracings of ventilatory response to carbon dioxide in 20 normal subjects and 29 patients with silicosis, bronchitis, emphysema, and neoplasms. He has not yet enough data to draw conclusions.

Finally, reference should be made to the revival of a technique which may give useful service.

In order to evaluate and measure changes brought about in the lungs by certain pathological processes, in particular chronic bronchitis and emphysema, Prof. Galy (Lyons) has initiated a study of isolated lungs. The anatomical specimens

are obtained from necropsies and surgical operations. The visceral layer of the pleura has to be intact. To study the elasticity of the isolated lung, the investigator uses a thick-walled transparent box connected (i) to a suction pump which has a adjustable flow rate and by which the pressure in the box can be lowered, and (ii) to a water manometer. The lung is attached by a bronchus to an orifice in the lid of the box, which orifice communicates with a spirometer. This technique, based on that of Christie, reveals any loss of pulmonary elasticity. It is interesting to compare its results with those of the classical function tests.

Chronic bronchitis and emphysema

The ECSC's present research programme in chronic bronchitis and emphysema has, as we know, a threefold orientation aetiopathogenesis, prevention, and treatment.

The following current research projects are focused on aetiopathogenesis: epidemiological surveys in large population groups (conducted in 11 centres in the Community); studies (in two laboratories) of the possible role of certain factors in the aetiology of these conditions; an investigation (by two teams of experts) into their functional background; and an examination (in three research centres) of their anatomical correlations.

In prevention and treatment, three laboratories are exploring the effects of mucolytic drugs and two others are testing the effectiveness of various forms of bronchodilator therapy. An investigator is studying the effects of respiratory cinesitherapy on respiratory function. Finally, an inquiry begun several years ago into the impact of preventive anti-influenzal vaccination on absenteeism in chronic bronchitics has been continued at a research centre.

a) Aetiopathogenesis

Epidemiological surveys

The initial results of a longitudinal study carried out in Lorraine under the direction of Prof. Sadoul stress the seriousness of the outlook in bronchitis, even in patients leading fully active lives at the time of diagnosis. In 1960, 248 unselected metalworkers, aged 45 to 64 years, were examined clinically, radiologically, and by spirometry. Six years later they were reviewed by the same doctors and the same methods; it was then appreciated that both mortality and sickness absence rates had been significantly higher ($P > 0.0001$) in the subjects in whom bronchitis was detected at the first examination than in those found healthy at that time. This study confirmed the prognostic value of the presence of airway obstruction, although in some cases the spirographic method proved inadequate for surveillance since disordered blood gases could co-exist with normal spirographic readings.

The limitations of spirometry in this field are recognized by many workers, who tend in consequence to use for their surveys a wide spectrum of lung function tests. Thus, Prof. Valentin at Erlangen conducts measurements of respiratory mechanics using, in particular, body plethysmography. In preliminary

work, he made a critical study of the value of this technique, identified the phenomena (such as temperature, relative humidity of the inspired air, shape of the mouthpiece, and buccal malformations) liable to interfere with its results, and correlated its findings with those obtained by spirometry, more especially as regards measurement of residual volume. The method thus worked out is at present used routinely in the investigations for which Professor Valentin is responsible.

Dr. Jongh's epidemiological research at the IJmuiden steel works is centred on chronic bronchitis in welders, utilizes the ECSC questionnaire and, with a view to specific identification of the cause of respiratory disease in the workmen concerned, includes measurements of air pollution in work premises. It had been noted in a previous investigation that respiratory function in welders seemed to deteriorate towards the end of the working day, a fact which might incriminate welding fumes. The present study, however, has as yet produced no evidence that such fumes are in fact detrimental to pulmonary function.

Another epidemiological study being carried out in the Netherlands (by Dr. van der Lende under the direction of Prof. Orié) concerns a large control group (2,065 men at Meppel, 2,143 men and women at Vlagtwedde, and 1,194 men and women at Vlaardingen) of persons not exposed to the harmful effects of work in coal pits or steel works. The findings in those aged 40-to-64 or -65 were published recently. They showed that cough and expectoration were much influenced by tobacco smoking, perhaps also by place of residence, and only slightly by age. Dyspnoea, on the other hand, appeared to depend chiefly on age and, to a less extent in women, on place of residence, but practically not at all on smoking habits. These tendencies were confirmed by objective examinations which revealed a correlation between age and spirometry values but not between age and quantity of sputum as measured in samples handed in by the patients at the time of examination.

Prof. Symanski's team have continued their epidemiological surveys in the iron and steel works of the Saar Basin. Following up a line of inquiry suggested by their previous investigations, they are devoting special attention to the effects of certain sociological factors which may influence selection for employment in steel works and which might thereby cause erroneous conclusions to be drawn from the results of these observers' epidemiological research. The Saar studies have emphasized the importance of non-occupational factors, in particular tobacco smoking, in the aetiology of bronchitis.

Professor Symanski is at present re-examining 800 workmen aged between 40 and 60 who were first examined between 1959 and 1961.

A similar longitudinal study is being carried out in Sardinia by Prof. Casula. He examined 2,000 coalworkers a year ago, on the basis of the ECSC questionnaire, and is now re-examining them for comparison.

Data from a field survey conducted by Dr. Minette at Lanaken are at present being recorded on punched cards. The survey concerns 262 miners chosen at random from the mining population of the locality and the results will be compared with those obtained in a control group of similar size composed of

male subjects following other occupations. The findings of a four-year longitudinal study in 4,000 workmen in the Houthalen collieries are being subjected to statistical analysis. Facts emerging from these two investigations will be scrutinized in the light of observations in 1,298 workmen with bronchitis of varying severity examined at the Lanaken Institute on several occasions over periods varying from two to eight years.

In order to gain further insight into the evolution of bronchitis in colliers, Prof. Crepet at Padua has conducted serial examinations in 289 workmen over periods ranging from four to nine years, by a variety of techniques, including a standard questionnaire, radiology, and searching functional tests. The results are being reviewed statistically.

Also in Italy, Dr. Zanini is working on the incidence of chronic respiratory affections in workers in blast furnaces and steel works, in particular those exposed to dust during deseaming operations. Measurements of the dust present in the atmosphere of work places and experimental research on the effects of such dust in mice, conducted in conjunction with this observer's epidemiological research, have yielded confirmatory evidence that the most dust-producing operation in these industries is the cleaning of premises normally sheltered from rain, for much dust is raised in the process. The dust collected has been found to contain from 5 to 6% of silica by weight and in certain special premises silica has constituted 4% of the total number of particles.

Another important epidemiological study, designed to explore the effects both of dust and of the sulphur dioxide given off in the auto-oxidation of pyrites ore, is being carried out at the Gavorrano pyrites mine by Professors Sartorelli and Pernis. Begun several years ago, it is based on the first version of the ECSC questionnaire, but also utilizes a battery of complementary radiological and functional investigations. The observers have perceived the expediency of the patients' complaints being recorded by two experienced doctors; data can thus be cross-checked and replies are more likely to be objective. The findings are being compared with those in a control group of 300 non-miner manual workers.

Dr. Brinkmann, in collaboration with the Institute for Medical Statistics of the University of Mainz, is at present conducting a similar investigation comprising longitudinal and cross-sectional studies into the respiratory repercussions of dust in mines. This work, based upon the ECSC questionnaire and upon pulmonary function tests such as blood gas analysis and respiratory resistance determinations, is not directed solely to the dust hazards specific to the coal and steel industries, but seeks also to explore the potentially noxious effects of the dusts, gases, and vapours associated with typical dust-polluted atmospheres.

Other researchers have adopted a morbid anatomical approach to ascertaining the prevalence of pulmonary emphysema. Thus, Dr. Otto at Erlangen has found that this affliction is apparently much less frequent in Germany than in Wales; necropsy revealed 85 cases of emphysema in 282 adults aged between 30 and 90 at Cardiff and only 92 cases in 722 adults at Erlangen. The reason for the difference is not clear. In both localities the necropsy material was drawn from working-class populations. Possibly the higher incidence at Cardiff is conditioned by general climatic factors.

Constitutional factors

Work on the possible role of certain "constitutional" factors in the aetiology of chronic bronchitis is being done at two centres.

At Bochum Prof. Fritze has been looking for evidence of respiratory hypersensitivity in 300 miners exposed to dust, but has so far found no difference in this respect between them and non-dusty groups.

At Lanaken Dr. Minette made a similar study in the course of the epidemiological survey carried out there under his direction. The miners and non-miners included in the survey were fully investigated from the allergic standpoint—skin sensitivity tests to a wide range of allergens, eosinophil counts in the circulating blood, and pharmacodynamic broncho-constrictor tests. A smaller group of 25 miners were also tested with allergens prepared from moulds and plants found at the bottom of the mine. The results are being analyzed but the preliminary data do not suggest that sensitivity factors have much to do with colliers' bronchitis.

The part played by certain hormonal factors in chronic bronchitis has also received attention from a group of experts. Prof. Regniers and his associates at the University of Ghent are working out techniques, applicable to physiological studies on chronic bronchitis and emphysema, for estimating plasma testosterone.

Marginal to these general studies on aetiopathogenesis is Dr. Zimmermann's important work at Homburg on evaluation of the pathogenicity of the micro-organisms present in the bronchial tree of bronchitics. The work is based on the notion that under normal conditions pathogenic organisms are bound to act as antigens and that it should therefore be possible to detect their presence by demonstrating specific antibodies in the blood. Although these investigations have not as yet revealed high antibody titres in bronchitics they have confirmed the very high incidence of *Streptococcus viridans* and of *Neisseria* in their bronchial tree. Next in order of frequency, but five to eight times less frequent, are *Haemophilus influenzae* and *Staphylococcus aureus*. The results of this work, and their interpretation, are still under study.

Functional data in chronic bronchitis and emphysema

This problem has been studied clinically by Prof. Worth at Moers and Prof. Caccuri at Naples, and clinicopathologically by Prof. Giese at Münster, Prof. Könn at Bochum, and Dr. Brille at Paris.

The objective of Prof. Worth's research has been to obtain comparative data on lung function in workmen exposed to dust and workmen suffering from silicosis. The results have shown pulmonary diffusing capacity in miners to be significantly lower than in workmen in dust-free occupations. No significant difference in pulmonary ventilation has been found between miners and non-miners. In a practical and theoretical study of body plethysmography Prof. Worth has noted serious practical and theoretical difficulties in the way of quantitative expression in resistance diagrams, difficulties which are such that the suitability of the method for comparative (for example, epidemiological) studies becomes questionable.

Prof. Worth has also conducted important and successful comparative investigations into certain statistical problems, such as the normal distribution of the partial pressures of oxygen and carbon dioxide at the end of expiration, and the arterial gradients for oxygen and carbon dioxide, likewise at the end of expiration. In so doing he has observed a significant correlation between the haematocrit values and the arterial oxygen gradients at the end of expiration. The higher the haematocrit values the greater were the gradients.

Prof. Caccuri has studied changes in the electrocardiogram, atrial vectorcardiogram, and pulmonary rheogram, and conducted measurements of maximal exercise tolerance, in 20 normal subjects, 32 patients with various bronchopneumopathies, and 148 silicotics; the results are being analyzed at present. The same battery of investigations was performed in welders, and has revealed changes in static and dynamic respiratory volumes. Professor Caccuri has devoted special attention to pulmonary compliance in welders and has attempted to determine the doses of toxic substances to which they are exposed in their work.

In clinicopathological studies, Prof. Giese has endeavoured to assess the importance of the glandular changes in the bronchi of chronic bronchitics and to establish a method for identifying the stage of the disease by observing these changes. Applying the index proposed by Lynne Reid for this purpose, he concluded that the index is open to various causes of error, and that in particular it takes no account of glandular fields which may hypertrophy and make their way through the cartilage to the adventitia. He therefore prefers the more time-consuming but more accurate method consisting in making drawings of sections of the bronchi on cardboard of uniform thickness, then cutting out and weighing the glandular fields.

Prof. Giese has also continued his work on functional values, measured in the isolated lung. He has perfected his apparatus and hopes for results towards the middle of 1968. At the present stage of the work Professor Giese has come to the conclusion that the mixing time is not a true parameter of intrapulmonary gas mixing. The mixing volume (that is, the product of the ventilation per minute by the mixing time) on the other hand, is in much closer correlation with the functional residual capacity and this makes it a good index of pulmonary mixing efficiency.

Prof. Könn has used necropsy material from 72 subjects for a study of heart changes in chronic bronchitis, and his results are being analyzed. Analogous data from non-bronchitic subjects will be used for comparison.

A correlative clinicopathological study, directed more specifically to the lesions of the obstructive bronchopathies, is being carried out under Dr. Brille at Paris. Assemblage of the necessary necropsy specimens is proceeding satisfactorily.

b) Prevention and treatment

Research on the bronchial mucus

Changes in the bronchial mucus and means of influencing these changes are of interest to many investigators at the present time. Research in this field is being pursued, with the aid of ECSC grants, under Prof. Voisin at

the University of Lille, Prof. Crepet at the University of Padua, and Prof. Sartorelli and Pernis at Milan.

Developing his work on the sulphated glycoproteins of bronchial origin, Prof. Voisin has shown that these can be isolated from the fibrillary structures of the sputum. They are present together with two other glycoproteins of glandular origin, (i) the blood group-specific substances and (ii) a glycoprotein whose acid character is related to the presence of sialic acid residues at the terminal position of the polysaccharide units.

Affinity for staining by basic dyes such as toluidine blue, or by the Schiff reagent after oxidation with periodic acid, depends on degree of sulphatization and on sialic acid content, and these vary from one pathological mucus to another.

Using histological techniques, Professor Voisin has also demonstrated a very active sulphatization process in the serous cells of the mixed glands and in the calyciform cells of the surface epithelium of the human bronchial mucosa. The metabolism of the mucous cells is oriented especially towards production of sialoglycoproteins or of blood-group substances.

The mechanisms responsible for regulating the equilibrium of the bronchial milieu are not at present known. Professor Voisin has no doubt that the sulphoglycoproteins are a fundamental factor in maintaining local water-electrolyte balance, in particular the high calcium and potassium content of the fibrillary mucus.

Work at the Pasteur Institute, Lille, on the effect of benztropine citrate, administered orally or by suppository, on expectoration in chronic bronchitis, has shown that this compound does in fact reduce expectoration quickly and substantially. The reduction is accompanied by biochemical changes, consisting in (i) increase of the trypsin inhibitors and (ii) alterations in the composition of the fibrillary mucus, namely, decrease of the DNA fraction and increase of the blood-group substance type of glycoprotein. The increased content of blood-group substance reflects diminished incorporation of sulphates in the structure of the bronchial mucins, and may be a local anti-inflammatory action of the same type as occurs in corticotherapy.

The central feature of Prof. Crepet's research work on the bronchial mucus is quantitative estimation of the immunoglobulins in the serum of miners with or without chronic bronchitis. G-globulin was increased in 89% of bronchitics, A-globulin in 79%, and M-globulin in 22%. No correlation was found between the severity of pneumoconiosis and serum immunoglobulin levels. On the other hand, a correlation was found between the severity of chronic bronchitis and A-globulin levels, patients in whom the latter were raised being more seriously afflicted than the others.

Prof. Sartorelli and Pernis too are working on immunoglobulins in the bronchial secretion of chronic bronchitics. In a one-year study of the bronchial secretion of 15 patients at different stages of bronchitis but all with copious mucopurulent sputum, they found A-globulin in most and (a point of major interest, confirming their previous findings) G-globulin in nine. It was to G-globulin that their attention was chiefly directed, for it is rarely if ever present in the mucus of healthy bronchi. Difficulty was experienced in collecting and preparing samples of mucus and the intention is to obtain mucus in future by bronchoscopy and bronchial lavage.

These researchers plan to extend the scope of their investigations to include comparison of the characteristics of mucopurulent and non-infected secretion respectively.

Bronchodilators

Dr. Minette at Lanaken and Prof. Crepet at Padua have been investigating the effects of bronchodilator substances.

The purpose of the Lanaken work is to compare the bronchodilators at present available commercially. In a communication at the Stresa symposium Dr. Minette reported an important statistical study demonstrating that orciprenaline (administered from a calibrated bottle) and atropine methonitrate (administered as an ordinary aerosol in a dose of 3.2 mg) are potent bronchodilators. Both compounds produce side-effects; these are not severe (at least not in the case of orciprenaline taken moderately) but may limit their use. Dr. Minette's subsequent research has been on a new hydroxyphenyl derivative of orciprenaline, Th 1165a, put up, like orciprenaline, in calibrated bottles. In a dose of 600 γ it exerted a more powerful and more prolonged bronchodilator action than 1500 γ of orciprenaline or 400 γ of isoprenaline. Its results in 54 miners, observed systematically by a standard procedure, warrant its inclusion among the major bronchodilators. Its side-effects are similar to those of orciprenaline. This research has confirmed the interesting activity, previously reported, of atropine methonitrate.

Associated with these problems is a current study of a new product, FLP 670, which has the property of blocking certain antigen-antibody mechanisms and may therefore be effective in some forms of spastic bronchitis with hypersensitization. Preliminary results are encouraging, although precise definition of the indications seems difficult.

Dr. Minette's work on standardization of aerosols has continued in co-operation with the Hygiene Institute of the Hasselt Collieries; its status has been reported to the ECSC's committee on standardization of function tests.

Prof. Crepet has been investigating mainly the action of orciprenaline administered as an aerosol in doses rising from 2 to 10 mg. He has evaluated the effects by determining vital capacity and forced expiratory volume per second, and his results have confirmed this drug's important potentialities.

Respiratory cinesitherapy

In research on this subject at the St. Antoine Hospital, Paris, Dr. Brille computes the work of breathing by measuring the area of the pressure-volume loop. Comparison of ventilatory work before and during exercise respectively should provide an indication of the real effectiveness of cinesitherapy. Evaluation of total ventilatory work raises technical problems in patients so treated, in whom total lung compliance curves may be difficult to obtain. These problems are at present under study.

Anti-influenzal vaccination

The Lanaken Institute has for some years been doing important research work in this subject in the Campine Basin (Belgian Limburg). An initial mass campaign in 4,995 workers in a colliery in the winter months of 1965-66 had no effect on their respiratory sickness absence rate during that winter.

A fresh attempt was made in the 1966-67 season, this time in two collieries, and the workmen vaccinated were followed-up until the autumn of 1967. The results of these trials are now being analyzed.

Toxicology

a) Carbon monoxide

Prof. Rubino at Turin is doing research on acute carbon monoxide poisoning. The problem selected for study is the effect of exposure to carbon monoxide on the cardiovascular and nervous systems in experimental animals. Dogs of both sexes have been submitted to serial haemodynamic determinations—during exposure, during reanimation, and subsequently—the parameters studied being heart rate, systolic arterial pressure, pulmonary arterial pressure, cardiac output, coronary output, and pulmonary vascular resistance. The results are under analysis.

Clinical research on carbon monoxide poisoning is being conducted by Prof. Pancheri and Prof. Franchini. The present phase of Prof. Franchini's work is devoted mainly to defining the histological lesions in brain, kidneys, liver, and lungs, but he has also examined the immunoelectrophoretic behaviour of the blood proteins in acute poisoning. In addition, he is carrying out two epidemiological studies. The first, based on 51 cases, is designed to elucidate the clinical and medico-legal significance of coefficient of intoxication in acute carbon monoxide poisoning. In the second, which as yet comprises only a small number of subjects, it is planned to follow the morbidity and the incidence of invalidity in a group of workmen exposed over periods of years to the carbon monoxide hazard.

A comprehensive investigation (including attention to the physiopathological, psychological, psychopathological, and social and occupational aspects) in individuals who had suffered acute carbon monoxide poisoning one year previously is being made by Dr. Veil in Paris. Of 156 case histories reviewed, 17 only were accepted for inclusion in the survey and these are now being studied.

Dr. Heim at Erlangen has continued his work on these same problems and is at present observing the effects on cerebral metabolism of repeated exposure to low concentrations of carbon monoxide. He has found that if white mice are exposed nine hours per day for seven weeks to 0.1% of carbon monoxide in air, about one-third of their haemoglobin is converted into carboxy-haemoglobin. The consequent cerebral hypoxia often leads to increased glycolysis with resultant significant increase in pyruvates and lactates (products of carbohydrate catabolism). Blood sugar being used up, blood sugar levels fall. In spite of the increased glycolysis the brain's needs in energy-rich bonds are not fully covered and, although normal ATP concentrations are maintained, cerebral creatinine phosphate levels are significantly lowered.

In a second research series, Dr. Heim has found the metabolic disorders consequent upon carbon monoxide poisoning to be only slowly reversible, recovery being still incomplete 15 hours after withdrawal from the contaminated atmosphere.

Prof. Caccuri has undertaken a study of the effects of toxic fumes emanating from welding operations. In observations in 50 welders, he found that there is a real risk of carbon monoxide poisoning when welding is carried out at a short distance from the electric arc, and in another 46 that ocular lesions are rare in this trade provided preventive measures are applied. Investigating the absorption of iron via the respiratory tract in 50 welders he found it to be slight; in particular, none showed radiographic evidence of siderosis. Finally, Prof. Caccuri has been attempting to determine the manganese content of the ambient air at welding sites. This research continues.

b) Other toxic agents

Effects of cristobalite, tridymite, and silica

Prof. Santi is proceeding with his research on the toxic effects on pulmonary tissue of various dusts, in particular cristobalite and tridymite, produced in metallurgical operations. This investigation has been conducted in laboratory animals. Preliminary studies, designed to work out the most effective experimental method, revealed that (i) the sensitivity of rat pulmonary tissue to the dusts under suspicion makes it eminently suitable for the investigation envisaged, and (ii) intubation is a better way of introducing the dusts than inhalation in a dust chamber.

The experiments proper have consisted in intubation of two batches of 40 rats, one with cristobalite, the other with tridymite, both substances being given in 5% suspension in normal saline after sterilization in an autoclave. Half the animals of each batch subsequently received intraperitoneal injections of benzopyrene to find out if this compound aggravates or possibly even exerts a carcinogenic action on the pulmonary lesions caused by the silicogenic substances.

The initial results of this work may be summarized as follows:

- (a) both cristobalite and tridymite gave rise to a discrete histiocytic reaction in the walls of the alveoli within 10 days; after 30 days multiple silicotic nodules, already partially confluent, were visible in the pulmonary tissue;
- (b) the confluent silicotic masses produced by tridymite were more extensive than those produced by cristobalite;
- (c) benzopyrene worsened tridymite silicosis, causing increased granuloma formation, a pronounced fibroplastic reaction, and abundant production of collagen fibres;
- (d) in the rats intubated with cristobalite the productive lesions, which contained atypical cells, were also more extensive after administration of benzopyrene; these responses are still under study.

Work aimed at a better understanding of the interactions of benzpyrene and tridymite is proceeding at present, and consists in introducing benzpyrene directly into the trachea at the same time as the tridymite. A companion study will be intratracheal administration of benzpyrene alone.

Animal experimentation with industrial dusts is also being carried out by Prof. Schlipköter at Münster. He has become interested in the mixed dusts arising from the mixtures of sand and resin currently used for making moulds in foundry work, and has observed that dusts of particle size below 5 μ contain less quartz when their source is a sand-resin mixture (55%) than when it is pure sand (91%).

This research was carried out in two batches of 50 rats, each of which had received 30 mg of the dusts in question suspended in 1 ml of distilled water.

The rats were killed 120 days later and the following investigations made:

- (a) determination of lung weight and of size of tracheobronchial glands;
- (b) histological examination of the tissue reactions;
- (c) chemical determination of oxyproline;
- (d) chemical determination of SiO_2 .

Oxyproline levels were highest in the animals injected with dust from pure-sand moulds; tissue reactions and glandular changes were least pronounced in those which received dusts from moulds of mixed composition.

The work just described was complemented by experiments with dusts collected from the air of work premises situated close to where the moulds were made, since the industrial operations related to mould formation might be expected to alter the toxic properties of such dusts. Chemical analysis of dust collected at different work sites did in fact reveal differences in the quartz content of the air between one workshop and another—25% where cores were made, 75% at the moulding site, and 24% where sand mixed with resin was used. Tests in animals, analogous to those in the first set of experiments described above, again indicated that dust from sand-resin mixtures is less fibrogenic than dust from pure sand. These research activities are being actively pursued at the present time.

Finally, in conjunction with his epidemiological studies on bronchitis, Prof. Symanski is devoting attention to the hazards to which scarfers, fettlers, and grinders are exposed in various steel works in the Saar. All necessary precautions are taken to eliminate possible interference from the casual changes of occupation which are common in those industries.

Prof. Symanski's investigation comprises radiology of chest. It also takes extrapulmonary risks, into account, in particular joint involvement (hands, elbows, shoulders) in men operating compressed-air hammers; in certain categories of workers audiometric tests are performed. Up to the present these studies have been carried out in 400 subjects, including controls.

List of research projects

Basic pneumoconiosis research

021	Prof. Ulmer Bochum	Dust detoxicants
023	Prof. Ulmer Bochum	Lung cleansing and retention of dust in the lungs, with special reference to the alveolar macrophages as protective aerosols
024	Prof. Schlipkötter Düsseldorf	Dust detoxicants
025	Dr. Brockhaus Düsseldorf	Lung cleansing and retention of dusts in the lungs
063	Prof. Reploh Münster	The harmful effect of silicic acid dusts and dust mixtures on cells and tissues
065	Prof. Reploh Münster	Dust detoxicants
066	Prof. Thomas Göttingen	Lung cleansing and retention of dusts in the lungs
067	Prof. Thomas Göttingen	The harmful effect of silicic acid dusts and dust mixtures on cells and tissues
072	Prof. Fritze Bochum	(a) Quartz pyrogenicity in animal experiments and its relation to the RES and bacteria deposited therein (b) Substances inhibiting quartz pyrogenicity
073	Prof. Fritze Bochum	The serum protein pattern in quantitative immunology assays and the complement titre of the serum in miners exposed to dust and in silicosis patients
075	Prof. Fritze Bochum	Immuno-electrophoretic analysis of indurated tissues of the human lung in silicosis as compared with normal lung tissue

035	Prof. Lavenne Hasselt	Experimental silicosis of dogs. Examination of the protein composition of the serum and of the silicosis nodule. Research on changes in the lung vessels
033	Dr. Voisin Paris	Immuno-pathology of silicosis
049	Prof. Gernez-Rieux Lille	The effect of quartz dusts and mixed dusts on the alveolar macrophages (in vitro and in vivo). Investigation of factors capable of changing cell behaviour
053	Cerchar Paris	The role of infection in the development of pneumoconiosis
003	Prof. Mottura Turin	Research on the development of experimental silicosis caused by minute amounts of quartz
012	Prof. Vigliani Milan	Silicosis prophylaxis by means of synthetic polymers
039	Prof. Pernis Milan	Research on the pathogenesis of massive progressive fibrosis due to mixed dusts
007	Dr. Molitor Luxembourg Prof. Mosinger Marseilles	Research on dust detoxicants affecting lung cleansing and the causative mechanism of dusts

Physiopathological ABD clinical studies

014	Prof. Worth Moerse	Epidemiologic, clinical, X-ray and functional research in the Community. Research on the standardisation of functional cardio-respiratory tests (residual volume, cardio-respiratory function)
016	Prof. Ulmer Bochum	Epidemiologic, clinical, X-ray and functional research in the Community with reference to collective samples selected on the basis of jointly determined criteria with a view to establishing the exact degree of breathing capacity and the development thereof in ECSC workers
017	Prof. Ulmer Bochum	Research on the standardisation of functional cardio-respiratory tests (residual volume, cardio-respiratory function)

079	Prof. Fritze Bochum	Standardisation of cardiac function tests and their prognosis value for healthy and trained subjects, as well as for silicosis, bronchitis and emphysema patients
119	Prof. Bretschneider Bochum	Experimental research on the improvement of foreign-gas methods of determining blood irrigation by gas chromatography and the semi-automatic extraction chamber
143	Dr. Wassner Bremen	Research on respiratory system ailments of pulmonary origin in chronic lung diseases, especially silicosis and chronic bronchitis
170	Prof. Loeschke Bochum	Development of an electrode for measuring CO ₂ pressure of the blood
034	Prof. Lavenne Hasselt	Comparison between alveolo-arterial oxygen and carbon dioxide gradients and the CO diffusing capacity (D _{CO}) in coal-miner's pneumoconiosis; the use of D _{CO} as an index of incapacity.
036	Prof. Lavenne Hasselt	Standardisation of pulmonary haemodynamics. Study of the effect of pneumoconiosis on the pulmonary circulation and its application to incapacity
122	Dr. Vanroux Charleroi	Development of a rapid method of investigating the overall function of the resting and working lung from the viewpoint of ventilation and respiration
135	Prof. Lequime Brussels	Development of new techniques of assessing the functional capacity by measuring the total hemoglobin and the cardiac volume. Comparison of multiple parameters during exertion of varying intensity and duration. Telemetric study of the heart rate during work for establishing the occupational needs and the value of functional tests in the laboratory
141	Prof. Gyselen Louvain	Experimental research on the effect of unequal ventilation on the diffusion capacity measured by three methods using carbon dioxide: single inhalation, state of equilibrium, reinhalation
142	Prof. Gyselen Louvain	Research on lung elasticity measured by means of the oesophagus probe technique

055	Cerchar Paris	Determination of respiratory system disorders of coal-miners by alveolo-capillary CO diffusion methods during eupneic breathing and apnoea
085	Prof. Cara Paris	Standardisation of respiration tests, utilisation of results and standardisation of techniques (residual volume, exertion test)
091	Prof. Galy Lyons	Epidemiologic, clinical, X-ray and functional research in the Community with reference to collective samples selected on the basis of jointly determined criteria with a view to establishing the exact degree of breathing capacity and the development thereof in ECSC workers (including pneumoconiosis cases observed in the steel-making industry)
152	Prof. Sadoul Nancy	Research with a view to improving methods of examining and interpreting results for the better assessment of the functional capacity by specialists and industrial physicians (cardio-respiratory function)
102	Prof. Maugeri Pavia	Research on functional disorders related to distribution and diffusion in ECSC steelworkers
111	Dr. Venturini Rome	Hemodynamic study of patients suffering from pulmonary hypertension due to chronic bronchitis, emphysema or silicosis Research on radioactive krypton diffusion
130	Prof. Maugeri Pavia	CO diffusion. Comparative study of steady state and unstable phase methods. Comparison of results after applying both methods to a group of normal subjects and a group of workers not suffering from respiratory system disorders but exposed to a polluted atmosphere (as in a foundry)
150	Prof. Casula Cagliari	Systematic, clinical and functional research on prodromes of cardio-pulmonary complications in chronic pneumoconiosis cases with a view to early diagnosis and full and effective treatment
151	Prof. Gunella Bologna	The study, by various techniques, of the effect of mechanical ventilation on pulmonary and general hemodynamics in chronic pulmonary cases and silicosis cases in particular

042 Prof. Deenstra
Utrecht Continuation of research 11,330 : differentiation between cardiovascular and respiratory causes of reduced ability to work and diffusion disorders

Bronchitis and emphysema research

005 Prof. Giese
Münster Epidemiologic research on emphysema, bronchitis and dust deposits in the lungs of the population as a whole and miners; the role of bronchitis and dust in the pathogenesis of focal emphysema; asymmetric and infectious forms of pneumoconiosis

009 Prof. Symanski
Saarbrücken Community epidemiologic, clinical, X-ray and functional research on emphysema

015 Prof. Worth
Moers Community research on various pneumoconiosis therapies. Research on etio-pathogenesis. Community research on epidemiology

032 Dr. Brinkmann
Recklinghausen Résumé : a sentence typifying the research topic, quoted by the DG PTAR : "Besides the specific pulmonary reactions to dust, are there any generalised obstructive lung diseases arising from external factors?"

061 Prof. Valentin
Erlangen Community research on the epidemiology of bronchitis and emphysema in ECSC workers

076 Prof. Fritze
Bochum The incidence and significance of tuberculous infection on the one hand and the presence of rheumatic factors on the other in miners before entering the industry and after varying periods of work

077 Prof. Fritze
Bochum The role of allergic reactions in the etiopathogenesis and epidemiology of chronic bronchitis and emphysema

109 Prof. Symanski
Saarbrücken The harmful effect of fettling operations

110 Dr. Brockhaus
Düsseldorf-Beurath Research on the action of materials used for lining ingot moulds and ladles

- | | | |
|-----|--------------------------------|--|
| 116 | Prof. Otto
Erlangen | Anatomo-pathological studies on a group of 1,000 patients having an obstructive pulmonary syndrome. A comparative study of a batch of subjects exposed and a batch not exposed to dust; the incidence of emphysema cases. Technique: histopathological study of large area sections (according to Gough) |
| 163 | Dr. Zimmermann
Homburg/Saar | Serological and bacteriological research on the etiology of chronic bronchitis |
| 164 | Prof. Giese
Münster | Etio-pathogenetic research on chronic bronchitis and pulmonary emphysema; comparative clinical and post-mortem functional research on ventilation disorders and respiratory activity |
| 169 | Prof. Könn
Bochum | Comparative clinico-radiological and anatomo-pathological research on different stages of silicosis, on emphysema and chronic bronchitis, and the effects of these disorders on the respiratory function and heart |
| 071 | Dr. Minette
Lanaken | Result of anti-tuberculosis therapy in the prevention of progressive confluent pneumoconiosis |
| 082 | Dr. Minette
Lanaken | The importance of anti-influenza vaccination of bronchitis cases among coal-miners |
| 083 | Dr. Minette
Lanaken | Problems of bronchodilators and their applications to bronchitis cases among coal-miners |
| 113 | Dr. Van der Straeten
Ghent | Research on cortisol and corticosterone metabolism in cases of aspecific chronic respiratory system disorders
Research on the role of androgens in pathogenesis and development
Research on the effect of sympathicomimetics, antihistamines and corticosteroids on the aspecific hypersensitivity of the bronchi
Research on aldosterone metabolism in chronic cor pulmonale due to silicosis or pulmonary emphysema |
| 133 | Prof. Bastenier
Brussels | Research on the pathogenesis, symptoms and detection of cardio-circulatory complications in chronic pulmonary cases |
| 037 | Dr. Brille
Paris | Etio-pathogenesis and physiotherapy of chronic bronchitis and pulmonary emphysema |

050	Prof. Gernez-Rieux Lille	Biochemical research on the bronchial secretions of coal-miners. The effect of their macromolecular structure on the development of microbial and virus infections. Its application to the etiopathogenesis, treatment and prophylaxis of coal-miner's bronchitis
086	Dr. Pham Nancy	Epidemiology of chronic bronchitis of Lorraine steelworkers and research on the etiological factors with a view to prophylaxis
087	Prof. Sadoul Nancy	Therapeutical treatment of respiratory insufficiency in chronic bronchitis
090	Prof. Sadoul Nancy	Epidemiology and development of pneumoconiosis and broncho-pulmonary disorders of iron-ore miners
124	Prof. Galy Lyons	Comparison between functional tests of excised lungs of broncho-emphysema and pneumoconiosis subjects. Anatomic study of large Gough sections. Research on the differences between broncho-alveolar obstructions with and without inhalation of dust Anatomo-pathological research
010	Prof. Zannini Genoa	Research on respiratory system disorders due to the use of firebricks in blast furnaces and steel-works
011	Prof. Zannini Genoa	Research on respiratory system disorders caused by sinter in sintering plants and blast furnaces
040	Prof. Vigliani Milan	Clinical and pathological research on bronchitis and pulmonary emphysema in mineworkers
045	Prof. Crepet Padua	Research on the constitution factor in chronic bronchitis and on the effect of mucolytics on bronchitis and emphysema
103	Prof. Casula Cagliari	Community research on the etiopathogenesis, epidemiology prophylaxis and therapy of bronchitis and emphysema; research on the respiratory functions and their development in ECSC workers
106	Prof. Zannini Genoa	Research on the harmful effect of fettling

126	Prof. Caccuri Naples	Functional, radiologic, therapeutical and prophylactic research on cardio-circulatory functions in chronic pulmonary cases
168	Prof. Santi Genoa	Cristobalite silicosis. Investigation of the bronchial impairment of silicosis cases. Connections between silicosis and lung cancer, research on possible precancerous broncho-pulmonary conditions in silicosis subjects
081	Prof. Orie Groningen	Research on the etiopathogenesis, including constitution, and different kinds of therapy of bronchitis and emphysema in ECSC workers

Toxicology

156	Prof. Heim Erlangen	Research on the nature of the sequelae of acute carbon monoxide poisoning
108	Prof. Fournier Paris	Research on the effect on the human organism of toxic fumes produced by welding operations
114	Dr. Veil Paris	Overall psycho-socio-physiopathological pattern twelve months after acute monoxide poisoning
105	Prof. Caccuri Naples	The effects on the human organism of toxic fumes produced by welding operations
149	Dr. Molinari	Clinical research on cases of acute CO poisoning with reference to the presence and character of possible sequelae
155	Prof. Rubino Turin	Experimental research on the sequelae of acute monoxide poisoning of the cardio-vascular and nervous systems
159	Prof. Carnevalerici Milan	The effects of noxious gases and materials; the cochleovestibular apparatus in carbon monoxide, tetraethyl lead, lead, carbon disulphide and triethylamine, etc. poisoning
162	Prof. Franchini Genoa	Effects of noxious gases and materials; research on the nature of the sequelae of acute carbon monoxide poisoning
107	Dr. Molitor Luxembourg Pr. Mosinger Marseilles	Effects of welding operations on the human organism

- 154 Dr. Molitor
Luxembourg/
Pr. Mosinger
Marseilles
- 099 Dr. Van Zuilen
T.N.O.
The Hague
- Research on the nature of the sequelae of acute poisoning, especially by carbon monoxide
- Research on the harmful effects of welding fumes

Synoptic table of research programmes sponsored

in industrial medicine, health and safety
(as at December 31, 1967)

Field and title of programme	Approved on	Financial assistance (E.M.A. units of account, rounded figures)	
		Total amount allocated	Committed
A. Industrial medicine and health			
a) Physiopathology and clinical medicine			
1st programme (Industrial medicine)	Oct. 5, 55	1,200,000	1,200,000
2nd programme (Industrial medicine)	April 7, 60	2,800,000	2,700,000
3rd programme (Physiopathology and clinical medicine)	April 28, 64	3,000,000	2,300,000
b) Traumatology and rehabilitation			
1st programme (Rehabilitation)(1)	Dec. 5, 57	500,000	500,000
2nd programme (Traumatology and rehabilitation)	June 19, 64	1,800,000	1,100,000
3rd programme (Burns and scalds)	May 18, 66	1,500,000	6,000
B. Industrial physiology and psychology			
a) Human factors and safety			
1st programme (Human factors and safety)(1)	Dec. 5, 57	1,000,000	1,000,000
2nd programme (Human factors and safety)(2)	Nov. 4, 64	1,200,000	600,000
b) Ergonomy			
1st programme (Industrial physiology, psychology and job organization)(2)	Nov. 4, 64	2,000,000	800,000
C. Industrial Health			
a) Dust prevention and suppression in mines			
1st programme (Dust prevention and suppression in mines)(1)	Dec. 5, 57	900,000	900,000
2nd programme (Dust prevention and suppression in mines)	Dec. 21, 64	6,000,000	4,300,000
b) Dust prevention and suppression in the iron and steel industry			
1st programme (Dust prevention and suppression in the iron and steel industry)(1)	Dec. 5, 57	600,000	600,000
2nd programme (Dust prevention and suppression in the iron and steel industry)	June 14, 67	4,000,000	1,000
c) Sundry research projects			
Converter gases (Brown smoke)	July 18, 61	1,000,000	800,000
Converter gases (Brown smoke)	June 19, 64	1,825,000	1,000,000
Climatic factors in mines	March 16, 66	116,000	116,000
Defluorization of fumes	March 16, 66	66,000	66,000
Total		29,507,000	17,989,000

(1) Part of a single financial aid programme under the general heading of "Safety", comprising four programmes.

(2) Part of a single financial aid programme under the general heading of "Human factors and ergonomics", comprising two programmes.

PUBLICATIONS DEPARTMENT OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

4609/5/69/1