

MINISTÈRE DU TRAVAIL

Mesures particulières de protection applicables aux établissements dans lesquels sont préparés, manipulés ou employés les corps radioactifs et à ceux où sont « mis en œuvre les rayons X ».

RAPPORT AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Paris, le 4 décembre 1934.

Monsieur le Président,

L'action des corps radioactifs et des rayons X pouvant, dans des conditions spéciales, occasionner des troubles graves de l'organisme et certaines catégories de travailleurs appartenant à des établissements rentrant dans le champ d'application de la réglementation de protection ouvrière étant exposées à ces dangers, l'administration a été amenée à mettre à l'étude les mesures particulières de sécurité qu'il pourrait être opportun d'édicter en la matière, par voie de décret, en vertu de l'article 07, 2°, du livre II du code du travail.

Cette étude a été faite conjointement pour les -deux ordres de radiations, dont les dangers, ainsi que les moyens de protection qu'ils comportent, présentent beaucoup d'analogie. Elle a comporté d'abord des enquêtes documentaires du service de l'inspection du travail, avec la collaboration des organisations professionnelles intéressées, puis la consultation de la commission d'hygiène industrielle, à laquelle avaient été adjoints, à cet effet, divers spécialistes des problèmes envisagés.

Considérant notamment le petit nombre des travailleurs intéressés, la commission émit l'avis qu'il convenait, plutôt que d'édicter des prescriptions impératives par voie de décret réglementaire, de s'en tenir provisoirement à de simples recommandations destinées à appeler spécialement l'attention des employeurs et de leur personnel, sur la nature et la gravité des dangers des corps radioactifs et des rayons X et à préciser, d'après les données les plus récentes de la science et de l'expérience, les précautions à prendre pour les éviter.

Elle adopte, en conséquence, deux projets de recommandations se référant respectivement aux corps radioactifs et aux rayons X.

S'il n'a pas paru y avoir lieu de donner, quant à présent, un caractère légalement obligatoire à ces mesures préventives, au moins convient-il de s'assurer qu'elles parviendront à la connaissance de tous les intéressés et de leur conférer l'autorité d'un texte officiel.

Un projet de décret a été établi à cet effet qui prescrit aux chefs d'établissements assujettis de distribuer à leurs employés et ouvriers intéressés un avis se rapportant, suivant le cas, aux corps radioactifs ou aux rayons X et dont le texte (qui sera naturellement basé sur les recommandations élaborées par la commission d'hygiène industrielle) sera fixé par arrêté ministériel. C'est là la seule obligation que comporte ce projet de décret.

La remise du texte de cet avis au personnel a paru devoir être plus opérante ici, vu notamment la longueur de ce texte, que l'affichage dans les locaux de travail.

L'article 2 du projet de décret prévoit, en exécution de l'article 68 du livre II du code du travail un délai de six mois à dater de la publication des arrêtés pendant lequel les contraventions aux dispositions du décret ne pourront être éventuellement relevées qu'après avoir fait l'objet d'une mise en demeure restée sans effet. Ce délai est destiné à être mis à profit pour donner aux dispositions nouvelles toute la diffusion nécessaire, préalablement à la suppression de l'obligation de la mise en demeure pour leur application.

Le texte du projet de décret a été soumis, conformément à l'article 186, alinéa premier du livre II du code du travail, au comité consultatif des arts et manufactures, qui l'a adopté sans modification.

Ce texte a ensuite été communiqué pour avis au conseil d'Etat. Cette assemblée, tout en admettant que les mesures de protection qui seront fixées par les arrêtés ministériels n'aient provisoirement que le caractère de simples recommandations, a apporté une adjonction à l'article premier du projet de décret destinée à marquer qu'il ne s'agit là que d'un régime transitoire, en attendant qu'intervienne lorsqu'il sera jugé opportun, un règlement d'administration publique imposant aux établissements intéressés les prescriptions qui auront été reconnues nécessaires. Le projet de décret ci-joint, que j'ai l'honneur de soumettre à votre approbation, reproduit exactement le texte adopté par ces deux assemblées.

Veuillez agréer, monsieur le Président, l'hommage de mon respectueux dévouement. Le ministre du travail,

PAUL JACQUIER.

Décret 5 décembre 1934

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du travail,

Vu les articles 67, 68 et 69 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale, ainsi conçus:

« Art. 67. — Des règlements d'administration publique déterminent:

« 1° Les mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis, notamment en ce qui concerne l'éclairage, l'aération ou la ventilation, les eaux potables, les fosses d'aisance, l'évacuation des poussières et vapeurs, les précautions à prendre contre les incendies, le couchage du personnel, etc.;

« 2° Au fur et à mesure des nécessités constatées, les prescriptions particulières relatives, soit à certaines professions, soit à certains modes de travail.

« Art. 68. — En ce qui concerne l'application des règlements d'administration publique visés à l'article précédent, les inspecteurs, pour celles des prescriptions de ces règlements pour lesquelles cette procédure aura été prévue, doivent mettre les chefs d'établissement en demeure de se conformer auxdites prescriptions avant de dresser procès-verbal.

« Art. 69. — Cette mise en demeure est faite par écrit sur le registre prévu à cet effet par l'article 90 a. Elle sera datée et signée, indiquera les contraventions constatées et fixera un délai à l'expiration duquel ces contraventions devront avoir disparu. Ce délai, qui ne pourra en aucun cas être inférieur à quatre jours, devra être fixé en tenant compte des circonstances à partir du minimum établi pour chaque cas par le règlement d'administration publique »;

Vu le décret du 10 juillet 1913, modifié par les décrets des 29 mars 1914, 23 octobre 1917, 24 juillet 1930, 24 octobre 1930 et 9 janvier 1934, portant règlement d'administration publique pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale;

Vu l'article 186, alinéa 1er, desdits livre et code;

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures;

Le conseil d'Etat entendu,

Décète :

Art. 1er. — Dans les établissements visés par l'article 65 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale où l'on prépare, manipule ou emploie les corps radioactifs et dans ceux où l'on met en œuvre les rayons X, les chefs d'établissement, directeurs ou préposés sont tenus, indépendamment de l'observation des mesures générales prescrites par le décret du 10 juillet 1913 susvisé et jusqu'à ce qu'un règlement d'administration publique intervienne pour imposer les prescriptions particulières à ces établissements, de faire distribuer à leurs employés ou ouvriers occupés auxdits travaux un avis indiquant les dangers des corps radioactifs ou des rayons X, ainsi que les précautions à prendre pour les éviter.

Les textes de deux avis concernant respectivement les corps radioactifs et les rayons X sont fixés par arrêtés ministériels.

Art. 2. — Pendant une période de six mois à dater de la publication de chacun des deux arrêtés visés à l'article précédent, la procédure de la mise en demeure prévue à l'article 68 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale sera applicable aux infractions aux dispositions du présent décret et le délai minimum prévu à l'article 69 desdits livre et code pour l'exécution des mises en demeure fondées sur ces dispositions est fixé à quatre jours.

Art. 3. — Le ministre du travail est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 5 décembre 1934.

Albert Lebrun.

Par le Président de la République :

Le ministre du travail,

PAUL JACQUIER.

Arrêté d'application

Le ministre du travail.

Vu l'article 1^{er} du décret du 5 décembre 1934 concernant les mesures particulières de protection applicables aux établissements visés par l'article 65 du livre 11 du code du travail et de la prévoyance sociale dans lesquels sont préparés, manipulés ou employés les corps radioactifs et dans ceux où sont mis en œuvre les rayons X ;

Sur le rapport du conseiller d'Etat, directeur du travail.

Arrête:

En exécution de l'article 1^{er} du décret du 5 décembre 1934 concernant les mesures particulières de protection applicables aux établissements visés par l'article 65 du livre 11 du code du travail et de la prévoyance sociale dans lesquels sont préparés, manipulés ou employés les corps radioactifs et dans ceux où sont mis en œuvre les rayons X, le texte ci-après sera distribué aux employés et ouvriers exposés à l'action des corps radioactifs.

AVIS

Concernant les dangers que présentent les corps radioactifs, ainsi que les précautions à prendre pour les éviter.

I. — DANGERS INHÉRENTS A L'ACTION DES CORPS RADIOACTIFS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA PRÉVENTION

Les accidents imputables à l'action des corps radioactifs intéressent principalement d'une part la peau, d'autre part le système des tissus formateurs des globules du sang.

1° Accidents cutanés. — Ils n'intéressent — sauf de très rares exceptions — que les mains et particulièrement les extrémités des doigts.

Ils ne sont jamais graves d'emblée, et les lésions malignes qui constituent l'aboutissement ultime de ces accidents, ne surviennent qu'après de nombreux mois, le plus souvent plusieurs années, pendant lesquelles des symptômes bénins, mais gênants se sont succédés (troubles de la sensibilité, épaissement de l'épiderme, durillons et cornes cutanées, ulcérations), qui ont attiré l'attention de celui qui en est atteint.

On se préserve aisément de ces accidents en ne touchant jamais avec les doigts les corps radioactifs (surtout lorsqu'ils sont concentrés), en généralisant l'emploi d'instruments spéciaux appropriés aux diverses manipulations; ces instruments permettent d'éviter le contact de l'épiderme avec les corps radioactifs, et assurent même un certain éloignement, indispensable lorsqu'il s'agit de corps concentrés émettant des rayonnements bêta et gamma abondants.

2° Accidents intéressant les tissus formateurs des globules du sang¹. Ces accidents sont beaucoup plus importants que les précédents.

Les perturbations amenées dans l'économie générale de l'organisme par l'action des rayons sur le système des tissus formateurs des globules du sang sont à leur début et pendant très longtemps, latentes, ne se manifestant pas à celui qui en est victime. Ce n'est, la plupart du temps, que lorsque des lésions graves sont constituées, lorsque l'altération de la santé est déjà profonde, que les intéressés ont leur attention attirée par les premiers symptômes nets.

De bonne heure cependant, les modifications de la composition du sang auraient pu être décelées par un examen microscopique. Les accidents de cette seconde catégorie relèvent de deux mécanismes d'action :

A. — L'action des rayonnements provenant de sources extérieures à l'organisme (principalement du rayonnement gamma).

B. — L'action des rayonnements provenant de sources intérieures à l'organisme: émanations gazeuses (du radium et du thorium) et poussières radioactives (Introduites dans l'organisme par la respiration) ; produits radioactifs par ingestion.

A. — Sources extérieures de rayonnement.

— Elles sont ordinairement constituées par des tubes de radium, d'émanation du radium, de mésothorium, de radiothorium, du thorium X, par des solutions de ces corps, par des masses de minerai à forte teneur; plus généralement par la présence de quantités plus ou moins importantes de ces corps, à l'air libre ou en récipients clos et pouvant occuper des volumes minimes, ou au contraire, très grands. La quantité absolue de corps radioactifs présente définit à cet égard l'importance du danger beaucoup plus que ne le fait sa concentration apparente.

¹ D'autres accidents provenant de l'action des radiations sur certains organes internes radiosensibles, comme les testicules et les ovaires, doivent être signalés. Encore que leur caractère de gravité n'atteigne pas celui des accidents résultant de l'action des radiations sur les tissus sanguiformateurs Ils doivent être classés dans la même catégorie qu'eux et on s'en préserve par les mêmes moyens

On se préserve de l'action de ces sources extérieures de deux manières :

- a) En maintenant les matières qui rayonnent à la plus grande distance possible des travailleurs ;
- b) En interposant entre les sources de rayonnement et les travailleurs des écrans opaques aux radiations dangereuses (corps de poids atomique élevé, le plus usuellement du plomb).

B. — Sources intérieures de rayonnement.

— Les émanations très dangereuses à respirer ne se dégagent en quantité appréciable que lorsque les corps radioactifs d'où elles dérivent sont à l'état de solution. Ces émanations n'agissent pas tant par elles-mêmes que par les « dépôts actifs » qu'elles abandonnent dans l'organisme. On s'en préserve ainsi que des poussières radioactives qui peuvent s'accumuler dans les poumons, en faisant en sorte que les récipients contenant les matières actives, solides ou en solution, soient toujours séparés de l'atmosphère générale des locaux où sont les travailleurs, et en assurant une bonne ventilation de l'atmosphère de ces locaux.

Quant à l'introduction dans l'organisme par ingestion de corps radioactifs dilués, elle est habituellement le fait de pratiques fort imprudentes contre lesquelles il convient de mettre en garde les ouvriers (comme par exemple celle qui consiste à utiliser, même fortuitement, pour boire, des récipients ayant contenu des corps radioactifs, solides ou en solution).

II. — MESURES PRÉVENTIVES A APPLIQUER

De ces données générales découlent les précautions à observer, suivant les circonstances diverses de la pratique, pour se préserver contre la nocivité des produits radioactifs, ainsi que la nécessité de contrôler les mesures de protection prises et d'organiser la surveillance médicale au personnel.

L'attention des employeurs et du personnel intéressés est instamment appelée, à cet effet, sur les recommandations essentielles qui suivent :

1°) Conservation, manutention, manipulation, triage, broyage et traitements mécaniques des minerais.

— Les locaux consacrés ces opérations doivent être isolés et éloignés autant que possible des lieux fréquentés par le personnel. Le personnel n'y doit pas séjourner sans nécessité. Ces locaux doivent être bien ventilés. Lorsque les travailleurs sont astreints à demeurer dans des « atmosphères souillées de poussières radioactives, ils doivent être vêtus d'effets spéciaux, remplaçant ou recouvrant leurs effets ordinaires et restant à l'usine. A la fin des périodes de travail, ils doivent procéder à une toilette soigneusement faite des parties découvertes au corps (mains, visage), toilette qui aura été précédée d'un dépoussiérage complet, par le moyen d'aspirateurs, des effets et des chaussures.

2°) Gros traitements chimiques de minerais [attaque, lessivage, décantation].

— Salles de concentration, d'évaporation, de cristallisation. — Laboratoires de purification, de recherches, de dosages, de mesures, de conditionnement.

Il y a lieu d'envisager ici la protection des travailleurs, d'une part contre le rayonnement direct émis par la matière active d'autre part contre les poussières actives et gaz actifs (émanations)

a) La protection contre le rayonnement direct doit être, toutes les fois que cela est possible, assurée par des écrans ou des blindages de plomb². La réalisation de ces dispositifs de protection sera souvent facilitée par une disposition convenable des machines et des récipients où la matière active peut être amenée à séjourner habituellement. On aura intérêt, le plus souvent, à placer les dispositifs de protection le plus près possible de l'origine du rayonnement.

En particulier, on ne doit jamais abandonner, ne fût-ce que quelques instants, dans un laboratoire ou dans un atelier, des foyers radioactifs (surtout s'ils sont intenses), sans les entourer d'un écran de plomb épais. Il est même nécessaire de généraliser l'emploi, dans ces laboratoires et ateliers, de tables dont les dessus soient constitués par deux plateaux parallèles en bois contenant entre eux une planche de plomb de plusieurs centimètres d'épaisseur, et qui soient munies, en outre, sur chaque côté, d'un écran vertical constitué comme le dessus de la table.

On assure ainsi la protection du thorax, du tronc et des membres inférieurs de ceux qui ont à manipuler des produits radioactifs sur ces tables.

Un agencement convenable des locaux permettra aussi aux travailleurs de ne rester au voisinage des matières actives que lorsque cela est indispensable pour le travail. Le contact des matières actives avec les mains des ouvriers

² Vis-à-vis des rayons gamma des corps radioactifs, une épaisseur de plomb de 5 ou 6 centimètres réalise une protection déjà sérieuse. Lorsqu'il s'agit de quantités importantes de radioéléments, cette épaisseur devra être augmentée jusqu'à 10, 45 ou 20 centimètres, surtout si la disposition des lieux ne permet pas d'accroître la distance qui sépare des travailleurs les produits qui rayonnent (voir note (31 ci-après).

ou des préparateurs devra être soigneusement évité par l'emploi d'instruments (pinces, truelles, spatules, etc.) appropriés aux manipulations indispensables et, s'il y a lieu, par l'emploi de gants en caoutchouc maintenus en bon état.

A la fin des périodes de travail, le personnel doit procéder à une toilette soignée des mains et du visage;

b) La mise en liberté de poussières actives et de gaz actifs devra être soigneusement évitée : les corps radioactifs, qu'ils soient à l'état solide ou en solution, ne doivent jamais être abandonnés à découvert dans les locaux où séjourne le personnel.

En ce qui concerne particulièrement les émanations gazeuses des trois familles (radon, thoron et acton), qui se dégagent spontanément des solutions, leur élimination devra être assurée très soigneusement³.

Dans ce but, toutes les opérations portant sur une solution susceptible de dégager une émanation devront être faites sous des cônes d'aspiration de hauteur réglable, fonctionnant bien, et assurant une très bonne élimination des gaz et des vapeurs. De préférence même, ces opérations devront être faites dans des hottes fermées dont l'atmosphère sera activement renouvelée et expulsée directement à l'extérieur des bâtiments par des conduits et des cheminées munis de ventilateurs. Dans le cas de hottes fermées, les opérations seront sur veillées à travers des glaces en verre plombées d'opacité équivalente à plusieurs millimètres de plomb.

Enfin, une bonne aération devra être assurée dans les locaux eux-mêmes, de façon que les travailleurs n'y respirent qu'un air exempt de toute matière active.

3°) Conservation des produits concentrés.

— Les meubles (placards, coffres) et les locaux où sont conservés les corps radioactifs concentrés, devront être éloignés de tout local où séjourne habituellement le personnel: leurs parois devront comporter un blindage de plomb de 5 centimètres au moins, blindage qui devra être porté à 10, 15 ou 20 centimètres lorsque la quantité maximum de corps radioactif susceptible d'être ainsi rassemblée, est très importante (plusieurs grammes, ou dizaines de grammes de produit pur)⁴ (i).

4°) Transport des produits purs concentrés. —

Il ne devra être pratiqué, à l'intérieur de l'usine ou des laboratoires, que par le moyen de récipients (boîtes, étuis, coffrets, valises, etc.) à parois garnies de plomb (2 centimètres au moins). Si l'on procède par portage, on devra s'arranger de manière que les foyers radioactifs soient toujours à la plus grande distance possible du tronc du porteur.

5°) Produits radioactifs lumineux. — Ces produits sont, en général, fort peu actifs, et certains n'émettent que du rayonnement alpha. Leur manipulation est, par suite, exempte de danger. Il ne faudrait pas toutefois les considérer comme incapables de causer des accidents. En particulier, on a signalé à l'étranger, à plusieurs reprises, dans l'industrie des peintures lumineuses, des accidents extrêmement graves chez des ouvriers des deux sexes qui avaient pris la déplorable habitude d'appointer leurs pinceaux avec leurs lèvres. Ces accidents furent, soit locaux (nécrose de la muqueuse buccale et des maxillaires), soit généraux (anémies pernicieuses, tumeurs), la plupart du temps mortels.

Mesures de contrôle.

L'efficacité des précautions prises en s'inspirant des recommandations ci-dessus, doit être contrôlée :

³ Le radon et le thoron sont, des trois émanations radioactives actuellement connues, de beaucoup les plus importantes à considérer et une mention particulière doit être faite du danger plus grand que présente le thoron.

Le thoron a une vie 6.000 fois plus brève que celle du radon. Il en résulte que le thoron introduit par la respiration dans les poumons y abandonne, par désintégration spontanée, son « dépôt actif » en proportion infiniment plus considérable que ne le fait le radon. A cet égard donc, et malgré que, dans les conditions actuelles, le radon soit appelé à se rencontrer plus fréquemment et en plus grande quantité dans l'atmosphère des locaux où l'on manipule les corps radioactifs, une vigilance particulière s'impose pour assurer l'élimination du thoron.

⁴ Il est utile de reproduire ici une des recommandations formulées par la commission internationale de protection contre les rayons X et les rayons du radium à l'occasion du 3^{ème} Congrès international de radiologie qui s'est tenu à Paris en juillet 1931. Elle se réfère aux épaisseurs de plomb auxquelles on doit avoir recours pour se protéger efficacement contre les quantités croissantes de radium:

Quantité maximum de radium-élément (en grammes).	Epaisseur de plomb en cm
0,2	8,5
0,5	10
1	11,5
2	13
5	15
10	17

- 1° Par des mesures directes de rayonnement pratiqués dans les locaux où séjourne le personnel;
- 2° Par des prélèvements de l'air respiré par le personnel, prélèvements soumis à un dosage de radioactivité.

Surveillance médicale du personnel.

Le personnel de tous ordres sera soumis à une surveillance attentive, qui devra nécessairement être complétée par l'examen microscopique du sang, pratique périodiquement, tous les six mois au moins, par un médecin spécialement compétent, toujours le même. Celui-ci consignera ses observations et les résultats de ses analyses sur un registre où chaque travailleur soumis à la surveillance médicale aura sa place réservée.

Nota. — Pour suppléer à l'insuffisance possible des recommandations ci-dessus, ou bien encore en présence de cas particuliers qu'il est difficile de prévoir, il est recommandé aux chefs d'établissement de faire appel au concours d'un organisme scientifique compétent qui, après avoir fait pratiquer une visite détaillée des lieux, donnera aux intéressés tous avis ou conseils utiles, en vue de la réalisation des meilleures conditions préventives.

Paris, le 26 décembre 1934.

PAUL JACQUIER.

Arrêté d'application

Le ministre du travail.

Vu l'article 1er du décret du 5 décembre 493/1 concernant les mesures particulières de protection applicables aux établissements visés par l'article 05 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale dans lesquels sont préparés, manipulés ou employés les corps radioactifs et dans ceux où sont mis en œuvre les rayons X, sur le rapport du conseiller d'Etat, directeur du travail.

Arrête :

En exécution de l'article 1^{er} du décret du 5 décembre 4984 concernant les mesures particulières de protection applicables aux établissements visés par l'article 65 du livre II du code du travail et de la prévoyance sociale dans lesquels sont préparés, manipulés ou employés les corps radioactifs et dans ceux où sont mis en œuvre les rayons X, le texte, ci-après sera distribué aux employés et ouvriers exposés à l'action des rayons X.

AVIS

Concernant les dangers que présentent les rayons X, ainsi que les précautions à prendre pour les éviter.

I - DANGERS INHERENTS A L'ACTION DES RAYONS X

Les accidents imputables à l'action des rayons X intéressent principalement d'une part la peau, d'autre part le système des tissus formateurs des globules du sang.

1° Accidents cutanés.

—Ils n'intéressent ordinairement que les mains, et plus particulièrement la face dorsale des mains et des doigts, mais on les a rencontrés à la face, à la partie antérieure du thorax, quelquefois même aux jambes. Les lésions des mains sont dues à l'introduction directe, le plus souvent consciente, de celles-ci dans le champ de rayonnement d'un tube radiogène. Maintenant que l'on connaît bien le danger de la manipulation des rayons X, elles sont le fait d'une imprudence ou d'une insouciance tout à fait inadmissibles.

Ces accidents ne prennent jamais d'emblée un caractère de grande gravité, car avant d'arriver à la radiodermite et à sa transformation (fréquente) en cancer, des signes bénins —troubles de la sensibilité, durillons et cornes cutanées — attirent l'attention de celui qui en est atteint. Oh ne saurait trop rappeler à tous ceux qui sont susceptibles de s'approcher d'un tube à rayons X en activité, les actions très nocives dont ces rayons sont capables. Il est particulièrement dangereux d'exposer les mains ou une partie quelconque du corps, à l'action directe d'un faisceau de rayons X, que cela se fasse par inadvertance, par habitude, par insouciance ou par curiosité avec l'idée que quelques instants d'exposition aux rayons n'auront aucune importance. Grave erreur qu'il faut combattre, car les tissus vivants, en totalisant des irradiations faibles, dont chacune serait sans action notable, arrivent à absorber des doses importantes de rayons qui inopinément, tardivement même, et parfois à l'occasion d'un traumatisme quelconque (choc, brûlure, blessure) déclenchent une lésion chronique très difficile à guérir.

2° Accidents intéressant les tissus formateurs des globules du sang⁵

— Ces accidents, toujours sérieux et souvent très graves, ont ceci de particulier qu'ils gardent pendant longtemps un caractère latent, et qu'ils ne se révèlent à celui qui en est victime que tardivement, alors que l'organisme est profondément atteint, et que la réparation des dommages causés est devenue extrêmement difficile, parfois impossible.

De bonne heure cependant, les modifications de la composition du sang auraient pu être décelées par un examen microscopique.

Ces accidents arrivent le plus souvent à des personnes qui n'ignorent pas l'extrême nocivité des rayons qu'elles manipulent, mais qui se croient tout à fait à l'abri des accidents, parce qu'elles emploient certains dispositifs de protection en lesquels elles ont confiance.

Malheureusement ces dispositifs sont souvent insuffisants et incomplets.

Il faut bien savoir qu'il n'est nullement indispensable, pour que surviennent ces accidents généraux, que l'organisme ait été soumis directement en totalité ou en partie à l'action du rayonnement tel qu'il sort du tube: l'action prolongée et fréquemment répétée de rayons pénétrants ayant traversé des écrans opaques — mais insuffisamment opaques — ou de rayons diffusés par les murs, le plafond, le soi, les meubles et même l'air de la salle où se trouve le tube radiogène, suffisent à la longue à altérer profondément la santé.

Ces rayons diffusés peuvent prendre naissance à partir d'une portion du faisceau dirigé dans une toute autre direction que celle où se tient la personne qu'ils atteignent, et même à l'opposé de celle-ci. Il faut savoir aussi que beaucoup de tubes radiogènes, et particulièrement les tubes du type Coolidge, émettent des rayons X dans toutes les directions, leur émission restant, bien entendu, maximum dans l'hémisphère sous-anticathodique.

III. — MESURES PRÉVENTIVES A APPLIQUER

De ces données générales découlent les précautions à observer pour se préserver contre la nocivité des rayons X, ainsi que la nécessité de contrôler les mesures de protection prises et d'organiser la surveillance médicale du personnel.

L'attention des employeurs et du personnel intéressés est instamment appelée, à cet effet, sur les recommandations essentielles qui suivent :

1° Tout tube radiogène en activité doit être contenu dans une enceinte close, chambre ou boîte, dont toutes les parois doivent avoir été rendues opaques aux rayons X par l'incorporation de matériaux denses. Le rayonnement utilisé doit être limité par une fenêtre (diaphragme, dans le cas d'une boîte) aussi petite que possible pratiquée dans la paroi de l'enceinte ;

2° Le plomb est le métal commun qui fournit le plus commodément la meilleure protection. Si l'on emploie d'autres matériaux que le plomb, leur opacité, vérifiée expérimentalement, pour la qualité de rayons dont on veut se protéger, doit être exprimée en épaisseur de plomb équivalente;

3° Le pouvoir de pénétration des rayons X croissant rapidement avec la tension électrique sous laquelle est alimenté le tube radiogène, l'épaisseur de plomb nécessaire pour procurer une bonne protection croît en même temps que cette tension.

Tant que la tension du courant électrique qui alimente le tube radiogène ne dépasse pas 200.000 volts, une épaisseur de plomb de 6 millimètres peut être considérée comme assurant une protection à peu près parfaite⁶

⁵ D'autres accidents provenant de l'action des radiations X sur certains organes internes radiosensibles, comme les testicules et les ovaires, doivent être signalés. Encore que leur caractère de gravité n'atteigne pas celui des accidents résultant de l'action de ces radiations sur les tissus sanguiformateurs, ils doivent être classés dans la même catégorie qu'eux et on s'en préserve par les mêmes moyens

⁶ La commission internationale de protection contre les rayons X et les rayons de radium, réunie à l'occasion du 3e congrès international de radiologie, qui s'est tenu à Paris en juillet 1931, recommande les épaisseurs minima suivantes de plomb pour assurer une protection convenable contre les rayons X émis par des ampoules fonctionnant sous des tensions électriques croissantes:

Rayons émis sous une tension maximum ne dépassant pas	Minimum d'épaisseur de plomb nécessaire
75 kV.	1 mm
100	1.5
125	2
150	2,5
175	3
200	4
250	6
300	9
350	12

4° S'il est nécessaire de surveiller le fonctionnement du tube radiogène en marche, des fenêtres peuvent être prévues dans la paroi de la chambre ou de la boîte qui contient le tube; ces fenêtres doivent être obturées en permanence (et sans fuite de rayonnement par les joints) au moyen de glaces en verre chargé de plomb, d'épaisseur suffisante pour présenter une opacité égale à celle des parois en plomb. S'il ne peut en être tout à fait ainsi, les fenêtres de verre devront être doublées d'un volet de plomb complétant l'opacité insuffisante du verre, et ce volet restera fermé entre les moments d'inspection.

L'opacité des glaces au plomb ne doit jamais descendre au-dessous de celle de 2 m/m de plomb et, dans ce cas, on ne doit découvrir les fenêtres que pour des observations rapides;

5° Le plomb frappé par les rayons X devenant à son tour émetteur de radiations secondaires très absorbables, il est recommandé de recouvrir le plomb d'une couche de bois — ou de tout autre matériau (organique) composé d'éléments à poids atomique faible ayant de 6 à 10 millimètres d'épaisseur. Ce revêtement n'est utile que du côté où se tiennent les personnes à protéger et il est surtout nécessaire si ces personnes sont exposées à s'appuyer, avec ou sans interposition de vêtements, contre la paroi de plomb;

6° Pour cette même raison, il n'est pas recommandable d'appliquer le visage, le front front principalement, contre une glace en verre plombé (même très opaque aux rayons), à travers laquelle on observe un tube radiogène en activité;

7° La fenêtre par laquelle le rayonnement que l'on utilise fait issue de la boîte (ou cupule) qui renferme le tube, doit être munie d'un volet de plomb pouvant obturer complètement. Ce volet ne doit pas être enlevé sans nécessité; les dimensions de la fenêtre (diaphragme) qui limite la sortie du rayonnement doivent être aussi petite que possible⁷;

8° Des précautions spéciales doivent être prises à l'encontre des rayonnements secondaires et diffusés, émis dans toutes les directions, par les corps soumis au rayonnement direct du tube. On doit s'en protéger par l'interposition d'écrans mobiles en plomb d'épaisseur convenable (voir note bas de page) et de largeur et hauteur suffisantes;

9° Des mesures de protection moins complètes que celles qui ressortent des paragraphes précédents ne sont admissibles que vis-à-vis de personnes qui ne seraient exposées qu'exceptionnellement au voisinage de tubes à rayons X;

10° Si, cependant, même à titre tout à fait exceptionnel, on est amené à placer les mains dans un faisceau de rayons X, on ne doit le faire qu'en utilisant des gants de caoutchouc plombé, dont on a préalablement vérifié l'opacité aux rayons. Dans ces gants, on introduit les mains préalablement gantées de fil, de coton ou de peau (par raison de propreté, et pour protéger la couche superficielle de l'épiderme contre les rayons secondaires très absorbables émis à l'intérieur des gants par le plomb incorporé dans la paroi de ceux-ci). Mais il faut bien savoir que ces gants ne procurent qu'une protection tout à fait insuffisante et que, même avec leur emploi, l'introduction des mains dans le champ de rayonnement d'un tube à rayons X en activité, demeure une imprudence qu'il ne faut pas renouveler souvent.

Mesures de contrôle.

L'efficacité des dispositifs de protection doit être vérifiée par des mesures fluoroscopiques, radiographiques et surtout électroscopiques, exécutées dans les locaux où le personnel est appelé à séjourner au voisinage de tubes radiogènes en activité. Ces mesures de vérification devront être étendues aux salles voisines de celles où se trouvent les tubes radiogènes, surtout si ces salles sont dans la direction du rayonnement qui émerge des cupules et ne sont séparées des premières que par des cloisons ou des planches minces.

Surveillance médicale du personnel.

Le personnel doit être soumis à une surveillance médicale attentive, qui devra nécessairement être complétée par l'examen microscopique du sang, pratiqué périodiquement, tous les six mois au moins, par un médecin spécialement compétent, toujours le même.

Celui-ci consignera ses observations et les résultats de ses analyses sur un registre où chaque travailleur soumis à la surveillance médicale aura sa place réservée.

Nota. — I. — Etant donné que l'irradiation par les rayons X ne produit aucune sensation immédiate et ne se décèle pas d'elle-même d'une façon visuelle, il est recommandé que les dispositifs de protection, tels que paravents,

⁷ Il est également recommandable, chaque fois que cela est possible, d'effectuer la surveillance des ampoules à rayons X. en fonctionnement par réflexion dans un miroir, ce qui permet d'observer l'ampoule tout en restant à une place où la sécurité est la plus complète

entourages, portes d'ouverture des boîtes de protection ou de salles contenant les ampoules en activité, etc., soient munis, chaque fois que cela est possible, d'un système de déclenchement spécial coupant automatiquement l'alimentation des ampoules radiogènes dès que le dispositif de protection est déplacé. Ceci assure en même temps la protection contre la haute tension. Dans le cas d'utilisation de semblables dispositifs automatiques, il est toutefois recommandé d'en contrôler fréquemment le bon fonctionnement.

II. — Dans les salles où l'on manipule des appareils à très haute tension et dans celles où se trouvent des tubes radiogènes en activité, il y a production parfois abondante d'ozone et d'oxydes d'azote. Il n'a guère été signalé que des accidents graves se soient produits chez les personnes qui les respirent néanmoins, leur inhalation régulière n'allant pas sans quelques inconvénients, une bonne ventilation des locaux est indispensable.

Paris, le 26 décembre 1934.

PAUL JACQUIER.