

**cea  
ceng**

**CIRCULAIRE SECURITE CENG  
N° 007**





Indice 0 1 / 14

**OCTOBRE 91**

DIFFUSION N° 2

**REGLES DE RADIOPROTECTION ET  
DE SECURITE ELECTRIQUE  
A RESPECTER AUPRES DES  
GENERATEURS ELECTRIQUES DE  
RAYONS X**

Annule et remplace la circulaire CENG N° 277 du 27 Septembre 1985

INDICES DE MISE A JOUR	E						
	D						
	C						
	B						
	A						
	0	OCTOBRE 91	EDITION ORIGINALE	 C. ROBERT	 S. DESCOURS	 H. de CHAUDENS	 J. LE ROUX
DATE		MODIFICATIONS	REDACTEUR	VERIFICATEUR	VERIFICATEUR	EMETTEUR	

## **I - DEFINITION**

Cette circulaire s'applique aux appareils générateurs de rayons X mais aussi aux générateurs de rayonnement résultant de phénomènes secondaires tels que : microscopes électroniques, fours et soudeuses à bombardement électronique, implanteurs d'ions etc...

Néanmoins dans le texte on citera tous ces appareils sous le terme général de "générateurs de rayons X".

## **II - MESURES D'ORDRE REGLEMENTAIRE**

- Avant toute commande d'appareil générateur de rayons X, le Chef d'Installation doit s'informer des textes réglementaires applicables en la matière. Les principaux figurent en références de cette circulaire. Le SPR et le ST/STEG/EEM peuvent être consultés à ce sujet.
- Une photocopie de toute demande d'achat d'appareil générateur de rayons X doit être adressée au ST/STEG/EEM et au SPR par le Chef d'Installation et par le Bureau des Achats du S.C.A.
- Conformément à la circulaire sécurité CENG N° 009 de 1991, les locaux où sont installés des générateurs de rayons X sont en principe classés "zones contrôlées". Des dérogations peuvent toutefois être accordées par le SPR pour des appareils dans lesquels le rayonnement ne peut en aucun cas être extrait à l'air libre.
- Le personnel appelé à travailler dans ces zones contrôlées sera classé conformément à la circulaire sécurité CENG N° 009 de 1991 s'il s'agit d'agents CEA, et conformément à la circulaire sécurité CENG N° 004 de 1991, s'il s'agit d'agents d'entreprises extérieures. Il appartient au Chef d'Installation d'établir les fiches de poste et de nuisances correspondantes.
- Les agents opérant sur les appareils de radioscopie et de radiographie pouvant être considérés comme industriels doivent être titulaires du Certificat d'Aptitude à manipuler ces appareils (J.O. arrêté du 25 Juin 1987 - CAMARI).
- Le Chef d'Installation devra clairement définir les limites d'intervention avec les entreprises extérieures (décret du 29.11.1977) et vérifier l'existence des habilitations de ce personnel.

### **III - DISPOSITIONS DE RADIOPROTECTION**

#### **III.1 - Risques radioactifs**

Les générateurs de rayons X sont des sources intenses de rayonnement (voir annexe I), pouvant présenter d'importants risques d'irradiations externes. Ces risques sont dus au rayonnement direct souvent extrait sous forme de faisceaux, au rayonnement diffusé, et au rayonnement de fuite. Le faisceau direct peut entraîner, en des temps très brefs, des irradiations graves mais localisées (le plus souvent au niveau des mains). Le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite sont susceptibles de provoquer des irradiations chroniques pouvant concerner l'organisme entier.

#### **III.2 - Dosimétrie du personnel**

- *Les agents affectés au poste de travail sont classés catégorie A et se voient attribuer des dosimètres définis dans la circulaire sécurité CENG N° 005 de 1991.*
- *Outre le film-poitrine, obligatoire pour tout opérateur, il est indispensable que le personnel travaillant sur des appareils à faisceau sorti soit porteur d'un film-poignet et d'un dosimètre type "bague".*

Les deux premiers sont attribués par l'unité de distribution dont dépend l'agent.

La première bague est délivrée par *l'agent de radioprotection chargé du contrôle des générateurs* de rayons X. Les suivantes sont attribuées par l'unité de distribution dont dépend l'agent.

#### **III.3 - Mise en service et contrôle des générateurs X**

- Le Groupe de Radioprotection des Laboratoires et de l'Environnement (GRLE) du SPR/SRI est chargé de la sécurité radiologique des générateurs à rayons X du CENG.
- Un agent de radioprotection du GRLE (voir Annexe 2) assume plus particulièrement cette mission.
- Toute acquisition d'appareil nouveau, de même que tout transfert ou modification d'appareil ancien, doivent être signalés par le Chef d'Installation au Chef du SPR/SRI.

- Le SPR/SRI/GRLE étudie les protections ainsi que les sécurités et signalisations nécessaires et les notifie au Chef d'Installation qui se charge de leur mise en place.
- La mise en service doit être effectuée en présence de l'agent de radioprotection qui procède aux contrôles d'efficacité des protections et des sécurités, et de bon fonctionnement des signalisations. Un compte rendu de ces contrôles est adressé au Chef d'Unité, au Chef d'Installation et à l'Ingénieur de Sécurité du Service et à l'Ingénieur de Sécurité de l'Etablissement.
- Tous les 6 mois, l'agent de radioprotection contrôle tous les générateurs du Centre. Il établit une fiche d'observations qu'il adresse aux mêmes destinataires que ci-dessus.
- Les utilisateurs doivent par ailleurs, faire appel à lui chaque fois qu'une vérification leur paraît nécessaire.

#### **III.4 - Conduite à tenir en cas d'incident**

Stopper le générateur et prévenir immédiatement l'agent de radioprotection ou le PC/FLS (le 18 sur postes téléphoniques ordinaires ou téléphones rouges).

### **IV - DISPOSITIONS CONCERNANT LA SECURITE ELECTRIQUE**

#### **IV.1 - Conditions générales d'installation et d'entretien**

- Le matériel doit être conçu, installé et exploité conformément aux normes décrets et règlements en vigueur cités en références et notamment :

NFC15-100, 15-160, 15-164, 74-100

Décret du 14-11-1988

Publication UTE C18 510 de Novembre 1988

Circulaire CENG n° 332 de Février 1991.

Un dossier de l'installation sera constamment tenu à jour et à disposition des intervenants.

- En application de la Circulaire CENG n° 332, il appartient au Chef d'Installation, responsable de l'équipement de prendre contact avec le **ST/STEG/EEM**, seul habilité à intervenir sur les réseaux de distribution pour effectuer le raccordement de l'appareil et s'assurer de la compatibilité du matériel envisagé, compte tenu du régime de distribution du neutre (IT) en vigueur sur le site du CENG.

- Avant la première mise en service, une visite de conformité dite "visite initiale" est à faire par un organisme agréé sur le site ; il appartient au Chef d'Installation responsable de l'équipement d'en faire la demande à *ST/STEG/EEM*.
- L'exploitation sera assurée par un personnel formé aux risques encourus désigné par le Chef d'Installation. Si ces agents sont amenés à effectuer des réglages ou des opérations d'entretien, ceux-ci se feront en respectant les prescriptions de la publication UTE C18510 de Novembre 1988.  
Le Chef d'Installation s'assurera de l'habilitation des personnes intervenantes et de la tenue à jour des consignes d'interventions, plans et schémas.
- Pour toute installation ou intervention exceptionnelle, l'Ingénieur de Sécurité de l'Etablissement (ISE) doit être saisi, il étudiera avec le *STEG/EEM* les éventuelles mesures compensatrices à mettre en oeuvre.

#### **IV.2 - Caractéristiques du local**

Les installations à rayons X ne doivent être réalisées que dans des locaux secs.

L'emploi d'appareils amovibles dans des locaux humides, mouillés ou exposés, implique des précautions spéciales.

Dans les locaux où sont habituellement utilisés des produits inflammables, l'installation doit être établie de manière à éviter les risques d'explosion pouvant résulter de l'utilisation des appareils à rayons X. Tous les accès des locaux contenant des installations de radiologie industrielle doivent comporter un obstacle matérialisé par une double signalisation lumineuse telle que ces accès ne puissent être franchis par inadvertance. L'un des signaux, fixe et de couleur orange, doit être automatiquement commandé par la mise en service de l'appareillage ; l'autre signal, clignotant de couleur rouge, doit fonctionner pendant la durée d'émission du tube radiogène. Ces signaux doivent être de qualité telle que les risques de détérioration de la lampe par insuffisance de dimensionnement ou de ventilation du hublot soient réduits au minimum.

Toutes les portes d'accès doivent être équipées de dispositifs électriques de sécurité qui, à l'ouverture de la porte, remplissent l'une ou l'autre des deux fonctions suivantes :

- couper la haute tension
- limiter le débit de dose admissible, à l'intérieur de la salle considérée, à la valeur maximale admissible pour les personnes susceptibles d'y entrer.

Lorsqu'un appareil est incorporé dans une enceinte autoprotectrice dans laquelle aucune présence de personne n'est possible, et s'il comporte lui-même les dispositifs de sécurité décrits ci-dessus dans le présent paragraphe, il n'y a pas lieu de répéter ces dispositifs pour le local

dans lequel cet appareil est utilisé sous réserve qu'il n'existe pas dans l'installation, d'autres appareils ne possédant pas les mêmes caractéristiques de sécurité.

Dans tous les cas où, par suite de la disposition du local et des conditions de travail, une personne peut s'y trouver anormalement présente au moment de l'irradiation, des signaux audibles ou visibles et des dispositifs type coup de poing doivent être placés à l'intérieur du local en nombre suffisant et à des emplacements facilement repérables. Ces dispositifs, à contact fermé au repos, doivent être connectés entre eux en série, et assurer la coupure de la haute tension.

#### **IV.3 - Installation basse tension**

##### **- Régime de neutre**

Le régime de neutre du circuit de distribution est un régime IT, neutre isolé et distribué. Ce type de régime est à signaler par le Chef d'Installation au fournisseur de l'appareil avant toute commande.

##### **- Coupure générale B.T.**

Toute installation comportant un équipement de radiologie doit être munie à son origine d'un dispositif de coupure réservé uniquement à cet usage et agissant simultanément sur tous les conducteurs actifs.

La commande de cet appareil de coupure doit être :

- placée dans un endroit ou local d'utilisation très accessible,
- repérable dans l'obscurité si celle-ci est nécessaire,
- parfaitement connue du personnel, à l'aide d'une étiquette de désignation par exemple.

Les positions MARCHE et ARRET de cet appareil de coupure doivent :

- figurer en toutes lettres ou par l'intermédiaire de symboles normalisés (commande manuelle),
- comporter une signalisation en retour de chacune des positions (commande à distance).

##### **- Protection du circuit d'alimentation**

Le circuit d'alimentation de l'équipement radiologique ou, à défaut chacune des dérivations de ce circuit alimentant un sous-ensemble distinct, doit être protégé :

- par disjoncteur à maximum de courant,
- par un discontacteur ou un disjoncteur à maximum de courant.

Le courant de réglage doit être indiqué par le constructeur de l'équipement radiologique.

**IV.4 - Installation haute tension*****Cas de plusieurs postes de travail***

Dans le cas d'installations comportant plusieurs postes de travail alimentés par un même générateur à haute tension par l'intermédiaire d'un commutateur sectionneur, il doit être prévu un système de signalisation alertant automatiquement, et avant l'établissement de la haute tension, le poste de travail qui va être mis en service. Cette prescription est applicable aussi bien si les postes sont dans un même local que s'ils sont dans des locaux différents.

***Protection contre les contacts directs avec les pièces nues sous tension***

Les dispositions adoptées par construction doivent interdire d'atteindre avec les doigts ou un outil quelconque les pièces sous tension. Les accès aux parties HT seront *signalés* par mise en place des triangles homme *foudroyé* - DANGER HT. Les écrans ou panneaux ne pourront être démontables qu'avec l'aide d'un outil.

**IV.5 - Protection contre l'incendie des appareils contenant un diélectrique liquide inflammable**

Les précautions spéciales à prendre pour les appareils contenant plus de 25 litres d'huile sont imposées par le décret du 14 Novembre 1988, en fonction de la nature et de l'implantation des matériels.

**IV.6 - Mise à la terre des masses métalliques accessibles**

On doit relier à la terre :

- les masses accessibles des appareils à rayons X
- les masses de l'appareillage H.T. et les parois métalliques des enceintes utilisées pour la mise hors de portée des pièces H.T.

Il doit être prévu des dispositifs fixes de connexion permettant de relier facilement à la terre, après mise hors tension, les pièces conductrices H.T. placées dans les enceintes.

Les installations doivent être établies conformément aux règlements et normes en vigueur (en particulier norme NF C 15.100).

Les appareils amovibles de classe I doivent :

- être équipés d'un câble d'alimentation comportant un conducteur de mise à la terre incorporé,
- être raccordés sur un socle de prise de courant comportant un contact de terre effectivement relié à une prise de terre.

La section des conducteurs doit satisfaire à la Norme NF C 15.100.

Pour les appareils alimentés par un transformateur de séparation conforme à la Norme EN 60 742, l'ensemble des masses métalliques en aval de ce transformateur doit être interconnecté mais non relié au circuit de terre général.

La résistance des conducteurs de protection des diverses parties de l'appareil ne doit pas être supérieure à 0,1 Ohm (Cf : NF C 74.100).

#### **IV.7 - Interventions**

D'une façon générale, toute intervention électrique sur le générateur se fera en mettant l'installation en état de consignation et en suivant les prescriptions de la publication UTE C 18 510 et de la circulaire CENG n° 332.

Le personnel disposera du matériel d'intervention adapté.

### **V - DISPOSITIFS DE SECURITES ET DE SIGNALISATIONS DEVANT EQUIPER UN GENERATEUR X**

#### **V.1 - Générateurs à faisceau sorti**

##### *Pour les besoins de la sécurité électrique*

- Un boîtier de signalisation doit être placé au-dessus des portes d'accès du local où est installé le générateur. Ce boîtier comporte un voyant fixe orange signalant l'application de la basse tension, et un voyant rouge clignotant, qui indique l'application de la haute tension.

##### *Pour les besoins de la radioprotection*

- Un voyant rouge, fixe ou clignotant, doit être installé au-dessus de chaque fenêtre pour signaler l'ouverture de l'obturateur, donc la sortie effective du faisceau de rayons X.
- Un dispositif de sécurité (électrique ou/et mécanique) doit interdire l'ouverture de l'obturateur de chacune des fenêtres, en l'absence de montage expérimental ou d'écran de protection en bordure du plan de travail.

- Dans toute la mesure du possible les faisceaux seront canalisés afin d'éviter les risques d'interception accidentelle par les mains des opérateurs. Les éléments de canalisation sont à équiper de contacts électriques, branchés en série sur les circuits d'extraction des faisceaux.

## **V.2 - Générateurs installés en cabine ou cellule blindée**

Au-dessus de chaque porte doivent exister les mêmes signalisations électriques qu'en V.I.

Chaque cabine ou cellule comportera en outre les dispositifs suivants :

- sur chaque porte, un contacteur de sécurité, de fin de course, non accessible rendant obligatoire la fermeture totale pour l'émission de rayons X
- un interrupteur d'arrêt d'urgence de type "coup de poing", à action positive, placé dans le local (NFC 15-100 § 533-2)
- pour les appareils où l'application de la haute tension n'entraîne pas systématiquement la production de rayons X, un voyant à inscription (rayons X) placé à proximité de chaque porte d'accès. Ce voyant est activé lorsque l'émission est effective.

Dans le cas d'installations comportant plusieurs postes de travail alimentés par un même générateur de haute tension, les dispositifs décrits dans le paragraphe IV.4 sont applicables.

Pour certaines installations notamment celles à l'intérieur desquelles de fréquentes interventions d'opérateurs sont nécessaires, le SPR pourra exiger la présence d'une chaîne de détection des rayons X. Celle-ci délivrera des alarmes sonores et lumineuses, avec action sur le déverrouillage des portes d'accès.

***REGLES DE RADIOPROTECTION ET DE SECURITE ELECTRIQUE  
A RESPECTER AUPRES DES GENERATEURS DE RAYONS X***

**REFERENCES :**

- Décret 66-450 du 20 Juin 1966, modifié par décret 88-521 du 18 Avril 1988 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements.
- Décret 86-1103 du 2 Octobre 1986 - Protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.
- Arrêté du 25 Juin 1987 - Certificat d'aptitude à manipuler les appareils de radioscopie industrielle et de radiographie industrielle (CAMARI).
- NIGG n° 38 du 23 Janvier 1980 - Protection du personnel contre les rayonnements ionisants.
- NIGG n° 113 du 9 Avril 1987 - Protection du personnel contre les rayonnements ionisants.
- Circulaire Sécurité CENG n° 009 de 1991 - Consignes générales de radioprotection à l'usage des agents CEA travaillant au CENG.
- Circulaire Sécurité CENG n° 004 de 1991 - Consignes Générales de radioprotection à l'usage des entreprises extérieures intervenant au CENG.
- Circulaire Sécurité CENG n° 005 de 1991 - Dosimétrie individuelle du personnel travaillant au CENG.
- Note SPR/AQ/PR.G.04.03 - Dosimétrie individuelle du personnel travaillant au CENG.
- Circulaire Sécurité CENG n° 008 de 1991 - Fiches de nuisance.
- NFC 15-100 - Installations électriques à basse tension - Règles - Avril 1991.
- NFC 13-200 - Installations électriques à haute tension.

**REFERENCES : (suite)**

- NFC 15-160 - Installations pour la production et l'utilisation de rayons X - Règles générales - Septembre 1975.
- NFC 15-164 - Installations pour la production et l'utilisation de rayons X - Règles particulières - Septembre 1976.
- EN 60-742 - Transformateur d'isolement, transformateur de séparation de circuit - Septembre 1989.
- NFC 74-100 - Appareils à rayons X - Construction et essais - Règles - Juin 1981.
- Décret du 14 Novembre 1988 et Arrêtés d'application en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques.
- Décret du 77-1321 du 29 Novembre 1977 fixant les prescriptions particulières d'hygiène et de sécurité applicables aux travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure.
- Publication UTE C 18 510 - Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique Novembre 1988.
- Code du travail.
- Circulaire CENG n° 332 du 11 Février 1991 - Prévention des risques électriques.

## ANNEXE 1.1

### *QUELQUES DONNEES CHIFFREES SUR LES RISQUES PRESENTES PAR LES GENERATEURS DE RAYONS X*

Tension de fonctionnement	Débit d'équivalent de dose à 10 cm de la source en Sievert/mA/heure	Observations
20 kV 40 kV	300 1 000 600 120	Fenêtre de 0,2 mm de Be Fenêtre de 0,2 mm de Be Fenêtre de 2 mm de Be Fenêtre de Be + 0,2 mm d'Al
	Débit d'équivalent de dose à 1 m de la source en Sievert/mA/heure	
80 kV  200 kV	2,10 0,45 0,03 0,80	Fenêtre de 0,2 mm d'Al Fenêtre de 2 mm d'Al Fenêtre de 10 mm d'Al Fenêtre de 0,5 mm de Cu

Dans ce tableau il faut retenir :

- a) Que les débits de dose sont très élevés mais qu'ils diminuent très vite lorsque l'épaisseur de la fenêtre utilisée augmente.
- b) L'efficacité de la fenêtre ou du blindage sera d'autant plus grande que la tension de fonctionnement sera plus faible. Si nous considérons par exemple le pouvoir d'atténuation du plomb en fonction de l'énergie du rayonnement "X" :
  - à 20 keV, il faut  $3 \cdot 10^{-3}$  cm pour avoir une atténuation d'un facteur 10
  - à 50 keV, il faut  $3,5 \cdot 10^{-2}$  cm pour avoir une atténuation d'un facteur 10
  - à 75 keV, il faut 0,1 cm pour avoir une atténuation d'un facteur 10
  - à 200 keV, il faut 0,23 cm pour avoir une atténuation d'un facteur 10
  - à 400 keV, il faut 1 cm pour avoir une atténuation d'un facteur 10

## ANNEXE 1.2

On peut dire aussi :

• à 20 keV,	2 mm de Pb	donnent une atténuation	$> 10^{10}$
• à 50 keV,	2 mm de Pb	donnent une atténuation	$> 10^5$
• à 75 keV,	2 mm de Pb	donnent une atténuation	$\approx 10^2$
• à 200 keV,	2 mm de Pb	donnent une atténuation	$\approx 7,5$
• à 400 keV,	2 mm de Pb	donnent une atténuation	$\approx 1,6$

- c) Le rayonnement diffusé peut provoquer des irradiations de niveau beaucoup plus faible que le faisceau direct, mais en général plus étendues. On retiendra qu'à 50 cm d'un faisceau direct, le débit de dose dû au rayonnement diffusé est de l'ordre du millième de celui qui est mesuré dans le faisceau direct.

Il faut d'autre part savoir que :

- 1)
  - La limite annuelle d'irradiation à ne pas dépasser, pour un travailleur directement affecté à des travaux sous rayonnements (catégorie A), est de 0,05 Sievert pour une irradiation de tout le corps, de 0,3 Sievert pour une irradiation de la peau (irradiation superficielle), de 0,6 Sievert pour l'irradiation des mains.
  - Un équivalent de dose de 0,5 Sievert sur tout le corps n'est médicalement pas décelable.
  - Un équivalent de dose de 5 Sievert limité à une partie des mains n'est pas décelable non plus.
  - Un équivalent de dose de 5 Sievert *reçu sur tout le corps* est mortel une fois sur deux.
- 2)
  - Un rayonnement "X" de 20 keV délivre à un centimètre de profondeur (cas des doigts) un équivalent de dose qui est encore égal à la moitié de l'équivalent de dose en surface. Cet équivalent de dose est pratiquement égal à l'équivalent de dose en surface pour un rayonnement de 50 keV.

**ANNEXE 2****PERSONNES A CONTACTER AU SPR**

- Le Chef de la Section de Radioprotection des Installations (SPR/SRI)  
*M. de TASSIGNY - C2-205 - Tél : 84816*
- Le Chef du Groupe de Radioprotection des Laboratoires et de l'Environnement (SPR/SRI/GRLE)  
*M. DESBRIERE B. - C2-202 B - Tél : 85992 - Recherche de personne n°455  
ou son suppléant :  
M. ROBERT C. - C2-212 - Tél : 84636 - Recherche de personne n°106*
- L'Agent de Radioprotection chargé du contrôle des générateurs de rayons X  
*M. DURAIN C. - C2-213 B - Tél : 84036 - Recherche de personne n°102  
ou son remplaçant :  
M. DROUVIN G. - G1-219 - Tél : 84850 - Recherche de personne n°196*