

**Zeitschrift:** IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte  
**Band:** 57/1/57/2 (1989)

**Artikel:** Radioscopie des ouvrages en béton précontraint  
**Autor:** Guinez, Robert / Chatelain, Jacques / Chevrier, Jean-Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44236>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

**Radioscopie des ouvrages en béton précontraint**  
Radioskopie an Spannbetonbrücken  
Radioscopy of Prestressed Concrete Bridges

**Robert GUINEZ**  
Ing. E.N.S.M.  
CETE Normandie-Centre LRPC  
Blois, France

**Jacques CHATELAIN**  
Ingénieur E.T.P.  
LCPC  
Paris, France

**Jean-Pierre CHEVRIER**  
Ing. Civil des Mines  
LCPC  
Paris, France

Né en 1948, diplômé en 1971. Contrôle douze ans la construction des ouvrages neufs puis responsable de la radiographie et de la radioscopie des ponts.

Né en 1935, obtient son diplôme d'Ingénieur à l'Ecole Spéciale des Travaux Publics, puis reçoit le diplôme du CHEBAP. Entré au LCPC en 1958, spécialiste des problèmes de pathologie d'Ouvrages d'Art. Il est actuellement Chef de la Division Surveillance et Pathologie des Ouvrages d'Art.

Né en 1939, diplômé en 1962. Entré au LCPC en 1968. Spécialiste Méthodes Physiques Appliquées au Génie Civil; actuellement Adjoint au Chef du Service de Physique.

#### RÉSUMÉ

La qualité d'injection des gaines de précontrainte, dont dépend la durabilité des structures vis-à-vis de la corrosion des câbles, contrôlée en France depuis 1968 à l'aide de sources radioactives (gammagraphie) est contrôlée depuis 1985 par le LRPC de Blois par radioscopie grâce à un accélérateur linéaire miniaturisé.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Qualität der Injektion von Spannkabel, von denen der Widerstand der Kabel gegen Korrosion abhängig ist, wird in Frankreich seit 1968 durch Gammaröntgen mit radioaktiven Quellen und seit 1985 durch Radioskopie bei den LRPC von Blois mit einem kleinem Linearbeschleuniger überprüft.

#### SUMMARY

The quality of the grouting in prestressed cable ducts, on which the durability of the structures against the corrosion of the cables depends, has been verified in France since 1968 by gammagraphy with radioactive sources and since 1985 by radioscopy by the LRPC of Blois with a miniaturized linear accelerator.



## 1. INTRODUCTION

La corrosion des armatures est un phénomène redouté pour les structures en béton armé et en béton précontraint. En béton armé, la protection des armatures est assurée naturellement par le béton pourvu que l'on respecte certaines règles d'usage. En béton précontraint, le plus souvent, la protection des câbles est assurée par injection d'un coulis de ciment dans les conduits ; ainsi la durabilité de la structure est-elle fort dépendante de la qualité de l'injection.

La gammagraphie classique du béton a trouvé son principal développement, ces vingt dernières années, dans le contrôle des injections, que ce soit sur ouvrage en cours de construction, ou sur ouvrage en service.

Les limites de cette technique résident dans le fait que l'information est ponctuelle (clichés de 30 x 40 cm), les investigations sont assez lentes, les épaisseurs de béton auscultables limitées à 60 cm.

Le système SCORPION est l'aboutissement d'une recherche destinée à remédier à ces inconvénients. Conçu, construit et mis au point par le Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Normandie-Centre en collaboration avec le service physique du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et la Compagnie Générale de Radiologie, il est utilisé depuis 1985 sur tout le territoire français par le L.R.P.C. de Blois.

Ce système utilise un mini accélérateur linéaire de 4 MeV : il permet la radiographie d'ouvrages en béton jusqu'à un mètre d'épaisseur et surtout leur radioscopie pour des parois d'épaisseur inférieure ou égale à 60 centimètres. C'est cette technique que nous décrivons principalement ici car elle présente de nombreux avantages en particulier pour l'auscultation de ponts à poutres.

## 2. LA RADIOSCOPIE

### 2.1 Principe

Le principe de la Radioscopie sur béton est le même que celui servant aux techniques médicales. Le rayonnement de photons, émis par le générateur X est atténué de façon sélective par les matériaux traversés. Le rayonnement émergent est transformé en lumière visible par un convertisseur fluorométrique de composition optimisée pour la gamme d'énergie utilisée.

L'image ainsi formée est reprise en temps réel à l'aide d'une caméra à très bas niveau de lumière et transmise à un système vidéo permettant aussi bien l'observation, que l'enregistrement et éventuellement le traitement de l'image. Les images intéressantes peuvent également être reproduites sur papier photographique à partir du signal vidéo.

### 2.2 L'apport de la radioscopie

Sur un ouvrage en béton précontraint en cours de construction, un contrôle partiel bien mené de la bonne qualité des injections des conduits de précontrainte suffit : la gammagraphie est bien adaptée à cette fin. Utilisée très largement en France ces vingt dernières années elle a non seulement contribué à assurer un bon contrôle de qualité des injections mais elle a en même temps permis d'améliorer la méthodologie et la technologie de celle-ci. Dans ce type d'application, la limite de la méthode réside dans les épaisseurs de béton à traverser ; au-delà de 60 cm les temps de pause et la définition de l'image notamment font que les applications ne peuvent plus être considérées comme "opérationnelles".

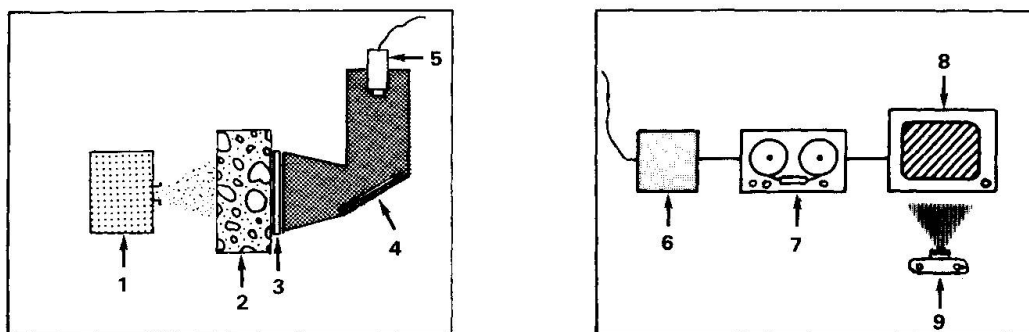


Fig. 1 - Schéma de principe de la chaîne de radioscopie

- |                 |                   |                         |
|-----------------|-------------------|-------------------------|
| 1. Accélérateur | 2. Paroi de béton | 3. Convertisseur        |
| 4. Miroir       | 5. Caméra         | 6. Coffret mémoire      |
| 7. Magnétoscope | 8. Moniteur vidéo | 9. Reproducteur d'image |

L'utilisation d'un mini accélérateur linéaire de 4 MeV en remplacement des sources de Co 60, apporte alors plusieurs avantages :

- une meilleure qualité d'image que celle obtenue avec une source de Co 60 du fait de la taille du foyer plus petit :  $\varnothing$  1,7 mm au lieu de 6 x 7 mm.
- une pénétration beaucoup plus grande du rayonnement, permettant la radioscopie jusqu'à 60 cm d'épaisseur de béton.
- une constance dans le temps des caractéristiques radiologiques, la source ayant toujours la même énergie et le même débit de dose, contrairement aux sources radioactives dont l'activité diminue très rapidement.
- une plus grande sécurité du point de vue radioprotection, le rayonnement étant immédiatement arrêté quand on coupe l'alimentation électrique.
- une sécurité totale pendant les transports par route : absence totale d'activité.
- une autonomie d'intervention apportée par la passerelle de manipulation.

Une autre utilisation de la gammagraphie est la recherche de défauts sur ouvrages en service (voire sur ouvrages terminés, avant leur mise en service). Alors le sondage statistique peut s'avérer insuffisant. C'est le cas lorsque l'on détecte effectivement des défauts et que l'on veut alors en connaître l'étendue (ou la répétition) : c'est ce que permet la radioscopie. Suivront, le plus souvent des investigations complémentaires : examens endoscopiques, ouvertures de fenêtres, analyses sur prélèvements ... qui devront permettre de formuler un diagnostic global sur l'état de santé de l'ouvrage. C'est sur cette base que pourra être établi, avec le minimum d'incertitude, un projet de réparation.

Le défaut le plus important recherché est l'absence totale ou partielle de coulis d'injection, mais l'on pourra également voir la présence d'armatures rompues ou détendues, des hétérogénéités de béton, des fissures, des ferraillements incorrects, des défauts de joints etc.

La visualisation immédiate permet à l'opérateur de fixer l'exploration sur un point particulier, de revenir en arrière, d'examiner l'environnement immédiat d'une zone douteuse et ainsi de "fouiller" sur un certain espace pour cerner l'importance d'une anomalie, alors que la gammagraphie classique procède par dépouillement à posteriori d'un cliché dont l'emplacement a été déterminé à l'avance.

Bien que la radioscopie ne permette pas une visualisation complète de l'ouvrage (il reste des zones d'ombre comme on le verra par la suite) la zone explorée qui est considérablement augmentée par rapport à la gammagraphie, constitue un apport évident ; la possibilité laissée à l'opérateur de guider son exploration peut permettre une détection plus sûre d'un défaut incertain ou mal défini.



### 3. DESCRIPTION DU SYSTEME SCORPION

"SCORPION" est donc constitué de trois éléments principaux :

3.1 Un accélérateur linéaire miniaturisé de 4 Mega électronvolts conçu par la Société CGR-MEV pour être mis en oeuvre dans des conditions de chantier. L'intensité du rayonnement X émis est réglable de 0,7 à 4 Grays par minute : elle peut ainsi être adaptée d'une part aux épaisseurs de paroi en béton à ausculter et d'autre part aux problèmes de radioprotection pouvant être rencontrés sur ouvrage. On choisit évidemment l'intensité minimale nécessaire pour l'auscultation : ainsi 0,7 Grays par minute permet la radioscopie de 30 centimètres de béton.

3.2 Le détecteur, convertisseur, caméra et chaîne vidéo a été conçu et breveté par les Laboratoires des Ponts et Chaussées. La taille du convertisseur permet d'obtenir des images de 30 x 40 cm, équivalentes en dimension, à celles obtenues avec les films classiques utilisés en gammagraphie.

L'épaisseur maximale de béton auscultable est de 60 cm.

La sensibilité de détection exprimée en rapport de taille du défaut minimum à l'épaisseur de béton traversée est de 0,7 % pour l'acier et de 1,5 % pour les vides.

Les images obtenues sont transmises à un camion-laboratoire équipé d'un moniteur permettant l'examen en temps réel, d'un enregistreur magnétique et d'un système de reproduction sur papier des clichés intéressants.

3.3 Ces deux éléments, accélérateur et détecteur sont mis en oeuvre sur ouvrages à l'aide d'un manipulateur conçu spécialement sous forme d'une passerelle qui peut être aussi utilisée pour la visite de l'ouvrage. En raison des problèmes de radioprotection, ce manipulateur doit être entièrement télécommandé à partir du camion-laboratoire placé à environ 80 mètres de la zone auscultée.

Etant donnée la diversité des géométries des ouvrages, la passerelle doit être adaptée au type de pont.

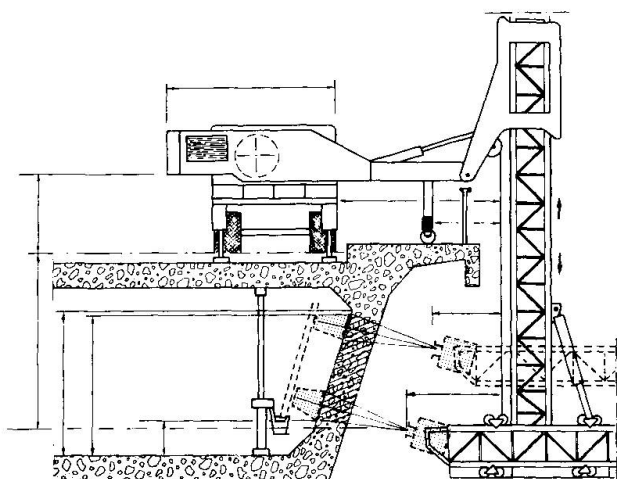
### 4. POSSIBILITES D'INTERVENTIONS DANS LA CONFIGURATION ACTUELLE DU SYSTEME

Dans sa première version, Scorpion a été conçu pour intervenir sur des tabliers à "poutre caisson" (ponts construits par encorbellement, ponts poussés). Une modification de cette version permet d'opérer sur des tabliers à poutres sous chaussées.

Sont montrées, ci-après les positions de travail et les surfaces explorables offertes dans l'un et l'autre cas.



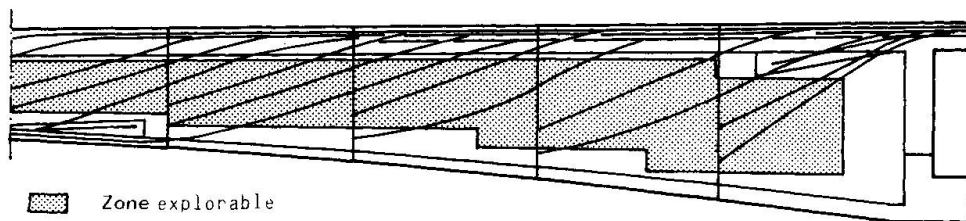
#### 4.1 Poutre caisson



La figure 2 montre la disposition de l'émetteur et du récepteur dont les déplacements sont complètement indépendants. La synchronisation des mouvements est obtenue au niveau des commandes.

La figure 3 montre la zone explorable d'une âme réalisable en une journée (pose du dispositif récepteur comprise).

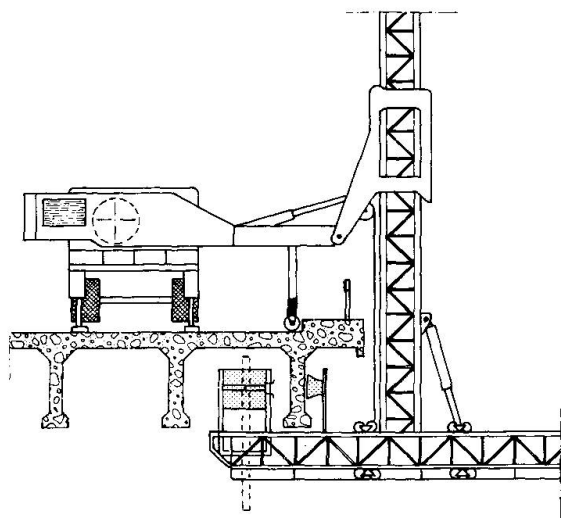
Fig. 2 : radioscopie d'une âme de voussoir.



Zone explorable

Fig. 3 : Zone explorable sur 5 voussoirs de 3 mètres, soit 30 mètres de câbles

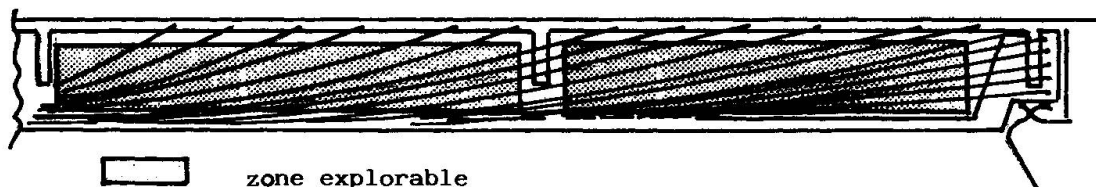
#### 4.2 Poutres sous chaussée



Sur la figure 4 on voit qu'émetteur et récepteur sont portés ensemble par la passerelle. La synchronisation des mouvements en est ainsi simplifiée par rapport à la version précédente. La mise en place est sensiblement plus rapide.

La figure 5 montre les zones explorables, les talons de poutres sont également radiographiables mais l'interprétation des images est difficile compte tenu du nombre de câbles interceptés qui se trouvent alors "en paquet".

Fig. 4 : radioscopie d'une âme de poutre



zone explorable

Fig. 5 : Zone explorable sur une âme de poutre



## 5. CONCLUSION

L'utilisation opérationnelle de Scorpion n'en est qu'à ses débuts, il est alors difficile de situer sa place parmi les moyens d'auscultation d'ouvrages.

En concurrence avec la gammagraphie, son intérêt économique est certain pour les interventions sur ouvrages importants (nécessitant la semaine de travail).

Son avenir réside plutôt dans la déflectoscopie, c'est-à-dire la recherche de défauts sur ouvrages en service, où la richesse de l'information recueillie en fait un outil d'auscultation jusqu'à maintenant inégalé. Un ouvrage condamné qu'il faut reconstruire, une grosse réparation, coûtent cher. La prévention ou l'intervention à temps peut permettre d'éviter ces traitements coûteux. Actuellement, un contrat de collaboration établi entre les principales sociétés d'autoroutes françaises et italiennes prévoit 25 semaines d'utilisation par an pendant 4 ans.

## BIBLIOGRAPHIE

1. J.C. DUFAY - Une nouvelle possibilité d'examen des ouvrages d'art : la radioscopie - Bulletin de Liaison n° 98 Novembre-Décembre 1978.
2. CHAMPION et J.C. DUFAY - Naissance du Scorpion - Système de radioscopie télévisée par rayonnement pour l'inspection des ouvrages en béton. Revue Générale des Routes n° 589 Septembre 1982.
3. J.C. DUFAY - Scorpion - Premier système de radioscopie télévisée haute énergie pour le C.N.D. des ouvrages d'art en béton précontraint. Revue Pratique de Contrôle Industriel n° 121 bis de Juillet-Août 1983.
4. R. GUINEZ - Contrôle des ouvrages d'art en béton par radiographie télévisée Französisch - Deutsche Informationstage am 28. und 29 November 1984 in Saarbrücken Saarlandhalle.
5. J.C. DUFAY - Apport d'un petit accélérateur linéaire pour la radiographie et la radioscopie des ouvrages d'art - Journées nationales du COFREND - Grenoble Janvier 1985.
6. J.C. DUFAY et J. PICCARDI - Scorpion - Premier système de radioscopie télévisée haute énergie pour le contrôle non destructif des ouvrages d'art en béton précontraint - Bulletin de Liaison n° 139 Septembre-Octobre 1985.
7. R. GUINEZ - "Scorpion II, un outil moderne et puissant utilisant la radiographie et la radioscopie par rayonnement X pour l'inspection des ouvrages en béton armé et précontraint" - 2nd International Conference on On-Line Surveillance and Monitoring - Venice Fondazione Cini 12th-14th May 1986.
8. R. GUINEZ - "Radioscopie télévisée pour le contrôle non destructif des ouvrages d'art en béton précontraint" - 3° Convegno Nazionale Qualita & Diagnostica Bologna 21th-22 th Oct. 1987.
9. "La radioscopie pour l'auscultation des ouvrages d'arr" - Periodica A.I.P.C. August 1988.