

## Mise en évidence des produits de l'alcali-réaction par la fluorescence des ions uranyles Utilisation de la photographie numérique

**Jacky GUNSETT**

Technicien supérieur

Section Géologie, mécanique des roches et géotechnique de l'environnement

**André LE ROUX**

Directeur de recherche

Minéralogie appliquée

Division Mécanique des sols, des roches et de la géologie de l'ingénieur  
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

### Introduction

La publication de la méthode d'essai ME 36 [1], relative au diagnostic de l'alcali-réaction par la mise en évidence d'une fluorescence des ions uranyles, concrétisait les travaux réalisés par J.-S. Guédon-Dubied à partir d'une publication américaine [2]. De cette façon, la reconnaissance de la réaction pouvait se faire plus simplement par la mise en évidence d'une fluorescence « jaune-verte » caractéristique des zones de gel d'alcali-réaction [3, 4]. Ainsi, il devenait possible de réduire les observations au microscope électronique au strict nécessaire et ce, avec une plus grande certitude dans le diagnostic. La méthode qui caractérise les produits de réaction alcali-silice par la fluorescence des ions uranyles est un procédé simple et très efficace qui autorise un diagnostic rapide de l'état d'un béton. C'est pour cette raison que cette méthode est systématiquement utilisée

pour toutes les études où la réaction est suspectée. Cet avantage, toutefois, est tempéré par le temps de réponse dû à la lenteur du processus photographique. En effet, l'obtention des clichés demande du temps, nécessite l'intervention de personnels extérieurs, impose des réglages précis qui, s'ils sont transgressés, conduiront à une interprétation erronée, voire à la nécessité de reprendre l'étude.

Dans la démarche courante (mise au point par J.-S. Guédon-Dubied et F. Martineau), l'obtention des photos nécessite obligatoirement les étapes suivantes :

- prise des photos avec un appareil reflex équipé d'un objectif macro 50 mm 1 :3.5 et d'un filtre convertisseur Cokin P. 020 ;
- développement et tirage papier ou diapositive par un laboratoire professionnel ;
- numérisation des images à l'aide d'un scanner pour obtenir un fichier

TIFF ou JPEG qui sera inséré dans le rapport d'étude.

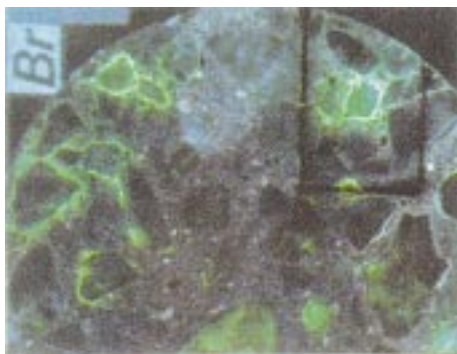
Ces opérations nécessitent, dans le meilleur des cas, une semaine pour que l'on puisse utiliser l'image numérisée dans un rapport. Voici, à titre d'exemple, deux photos obtenues par ce procédé sur un mortier et un béton atteints tous les deux d'alcali-réaction.

Face aux inconvénients que présente ce mode d'obtention des clichés photographiques, une question vient naturellement à l'esprit :

Comment réduire ce temps et surtout comment très vite avoir la certitude que la fluorescence observée sera bien restituée par le traitement photographique ?

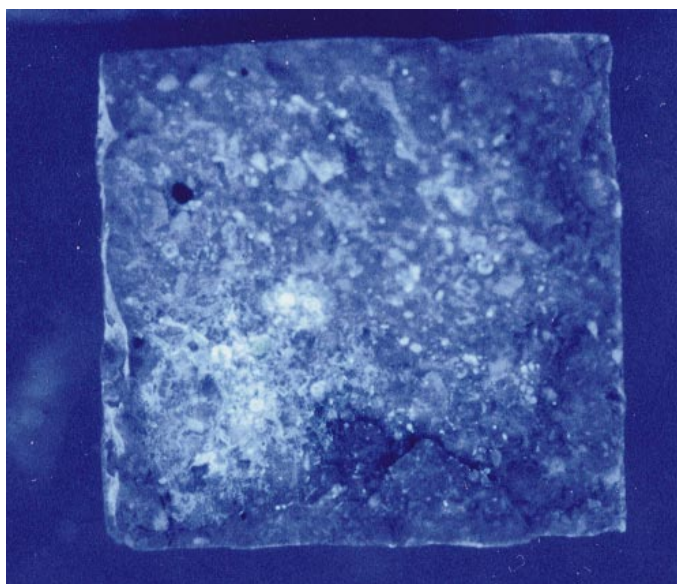
### Proposition d'une nouvelle méthodologie pour l'obtention des clichés photographiques

La section Géologie, mécanique des roches et géotechnique de l'environnement est équipée depuis 1998 d'un appareil photo numérique autorisant des images de 1 536 × 1 024 pixels. Avec ce type d'appareil, en règle générale, l'illustration des rapports est grandement facilitée. En effet, une fois les photos réalisées, il suffit de connecter l'appareil à un micro-ordinateur pour transférer ces photos sous forme de fichiers au format JPEG, facilement insérables dans un document. De plus, on peut ensuite profiter pleinement des moyens informatiques disponibles pour recadrer les images, insérer des légendes, insérer des échelles, etc.



Mortier atteint d'alcali-réaction.

*Dans le cas du mortier, le gel de réaction est diffus dans la pâte alors que, dans le cas du béton, il apparaît concentré autour de certains granulats ainsi que dans des bulles.*

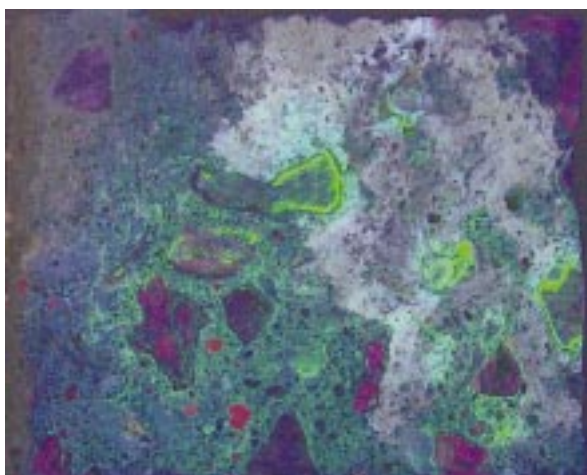


Béton atteint d'alcali-réaction.

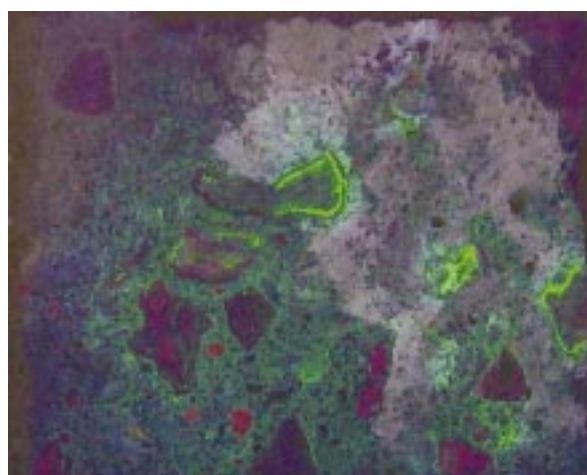
Note

technique

**Balance des blancs sur « auto » et variation de l'indice de temps d'exposition de - 2 à + 2**

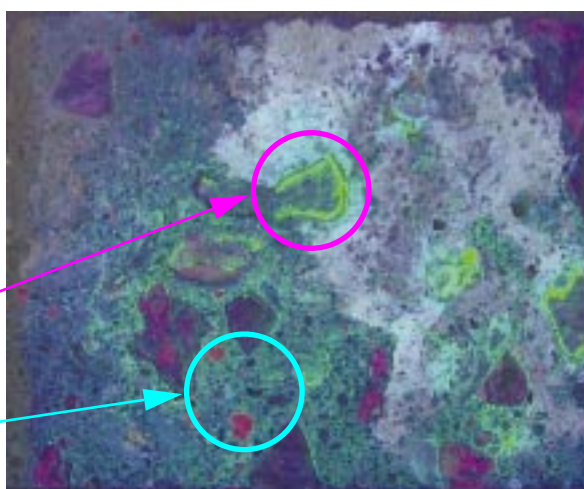


*Indice de temps d'exposition : - 2.*



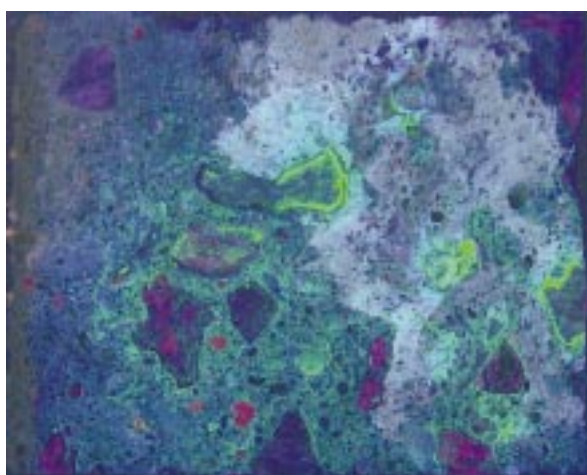
*Indice de temps d'exposition : - 1.*

*Ces cinq images de la même zone sont, du point de vue du diagnostic, sensiblement identiques. La fluorescence jaune-verte que l'on observe apparaît soit concentrée autour de certains granulats, soit au contraire semble envahir la pâte.*

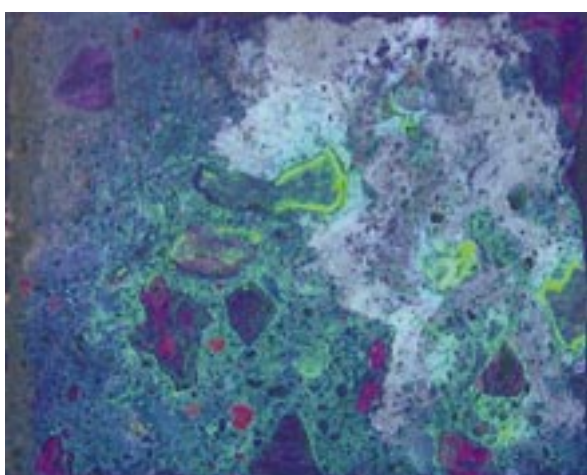


*Indice de temps d'exposition : « auto ».*

*Ces observations mettent en évidence la présence indiscutable d'une alcali-réaction dans les bétons observés. Ce diagnostic a par la suite été confirmé par une observation au MEB.*

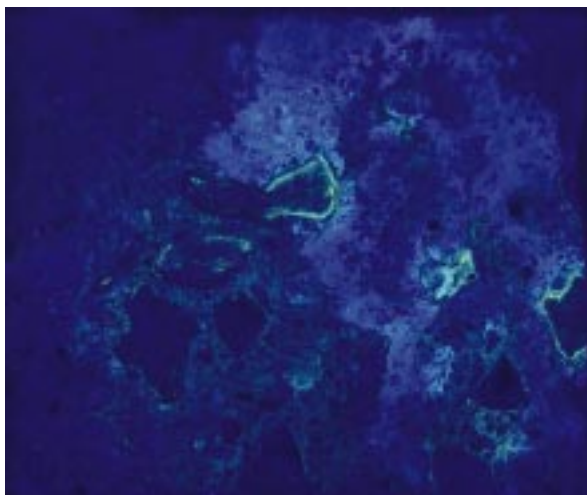


*Indice de temps d'exposition : + 1.*



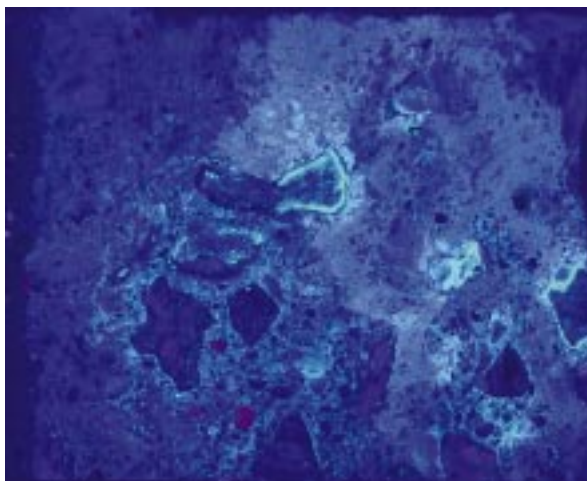
*Indice de temps d'exposition : + 2.*



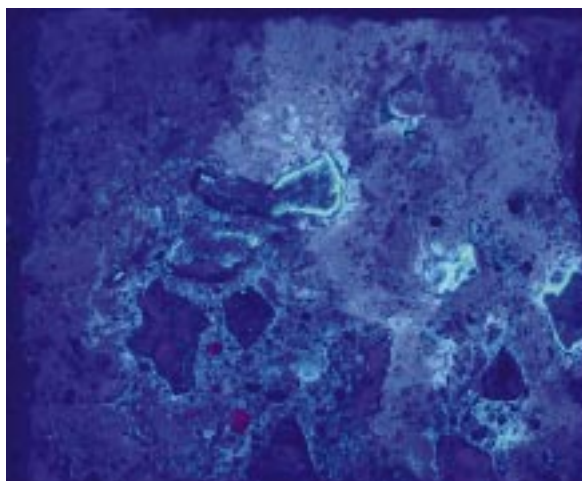


Indice de temps d'exposition : - 2.

À la différence des cinq images précédentes, l'introduction du mode fluorescence pour la balance des blancs atténue sensiblement la mise en évidence des produits de réaction diffus dans la pâte.



Indice de temps d'exposition : « auto ».



Indice de temps d'exposition : + 2.

Après quelques essais convaincants, il était tentant d'utiliser cette méthode dans la phase préalable de l'étude qui venait de nous être demandée, concernant la caractérisation des désordres qui affectent les massifs de béton du manège de fatigue de Nantes. Ceci s'est alors traduit par une série de photos permettant ainsi d'optimiser les réglages parmi les différentes possibilités offertes par l'appareil. Parmi tous ces réglages, nous avons choisi de privilégier deux paramètres principaux et de conserver les autres fixes.

#### Paramètres fixes

- Flash : désactivé.
  - Type d'image : unique.
  - Qualité d'image : au mieux ;
  - Résolution : haute (1 536 × 1 024).
- Mode d'exposition : AE exposition automatique.

- Filigrane : aucun.
- Mise au point : Multi Spot Focus.

#### Paramètres étudiés

- Balance des blancs : auto, fluorescence.
- Indice de temps d'exposition : - 2, - 1, auto, + 1, + 2.

La balance des blancs est une fonction d'ajustement qui permet d'éliminer un ton que les conditions d'éclairage ajoutent aux couleurs de l'objet photographié. L'activation de cette fonction permet un bon rendu des couleurs réelles. Elle peut être désactivée ou activée suivant quatre modes qui sont fonction des sources lumineuses utilisées. Nous nous sommes limités au mode « auto » recommandé pour les conditions d'éclairage variées et au mode « fluorescence » recommandé lorsque la source lumineuse est une lumière fluorescente.

#### Influence des différents réglages de l'appareil numérique

Parmi les carottes issues du béton du manège de fatigue, il en est une qui présentait tous les types de gel d'alcali-réaction, généralement rencontrés dans les bétons dégradés. C'est sur cette zone que la série de photo a été réalisée.

#### Conclusion

Comme le montrent les illustrations, les résultats obtenus avec l'appareil numérique sont très satisfaisants, voire meilleurs que ceux obtenus par la méthode classique.

En ce qui concerne les deux paramètres étudiés, nous avons constaté qu'un

réglage de la balance des blancs sur « auto » permet d'obtenir de bien meilleures photos qu'avec un réglage sur « fluorescence ».

De plus, la variation de l'indice de temps d'exposition n'a pas une grande influence mais il convient, afin de faciliter l'utilisation de l'appareil photo, de rester en mode « auto ».

Enfin, rappelons que la distance de travail est très importante. Un cliché exploitable demande à être réalisé à une

distance qui ne dépasse pas les 30 centimètres.

Pour récapituler, voici les réglages que nous proposons pour obtenir des images correctes, utilisables comme éléments de diagnostic et susceptibles d'être incluses dans un rapport :

- flash : désactivé ;
- type d'image : unique ;
- qualité d'image : au mieux ;
- résolution : haute (1 536 × 1 024) ;
- mode d'exposition : AE exposition automatique ;

- filigrane : aucun ;
- mise au point : Multi Spot Focus ;
- balance des blancs : auto ;
- indice de temps d'exposition : auto.

Il est important de noter que ces paramètres ne sont valables que pour l'appareil numérique que nous avons utilisé. Il faut être prudent quant à l'emploi de ces réglages avec un autre appareil. Mais comme le montre ce travail, il est très rapide et très facile de reproduire avec son propre appareil une démarche identique et ainsi d'arriver facilement au même résultat.

---

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [1] *Essai de mise en évidence du gel d'alcali-réaction par fluorescence des ions uranyles* (1993), Projet de méthode d'essai **ME 36**, Laboratoire central des Ponts et Chaussées, janvier.
- [2] NATASAYER. K., NOVER. K.C. (1989), *Further study of an in situ identification of alkali silica reaction products in concrete*, Cement and Concrete Research, **vol. 19**, pp. 770-778.
- [3] GUÉDON J.-S., MARTINEAU F. (1991), Mise en évidence d'un gel d'alcali-réaction par fluorescence dans un béton âgé de un an, *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **175**, septembre.
- [4] GUÉDON J.-S., MARTINEAU F., LE ROUX A. (1992), Visualisation des produits de l'alcali-réaction par fluorescence. Extension de la méthode au diagnostic sur ouvrage, *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **179**, mai.
- [5] *Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction* (1994), Laboratoire central des Ponts et Chaussées, juin.