

IMPACT DES BETONS AUTOPLACANTS SUR LES CONDITIONS DE TRAVAIL DES SALARIES DE PLUS DE 50 ANS

J.Pierre BAUD (OPPBTP CR Centre-EST), J.Paul BARBIER (SST BTP 71), A.LATOURE
J.MALAUURIE (CAMPENON BERNARD), P.MURA (entreprise PITANCE)

Les bétons autoplaçants sont apparus à la fin des années 80 au JAPON.

Ce sont des bétons très fluides, homogènes et stables, se mettant en place par simple effet de gravité sans recours à la vibration.

Leur composition se caractérise par :

-) un volume de pâte (ciment + filler calcaire + eau + air) élevé : 330 à 400 l / m³ soit 35 à 45% (contre 20 à 25% pour un béton conventionnel).

-) l'utilisation de superplastifiants (entre 1 et 2% du poids du ciment) qui sont des chaînes polymères hydrophiles appelées polycarboxylates, qui conditionnent la fluidité.

-) une quantité de granulats plus faible et de diamètre maximal compris entre 10 et 20 mm.

-) la présence d'agents de cohésion : dérivés cellulose, polysaccharides ou suspensions colloïdales.

Les bétons autoplaçants (B.A.P.) correspondent aux applications verticales (voiles), les bétons autonivelants (B.A.N.) aux applications horizontales (planchers); toutefois la terminologie « béton autoplaçants » inclut également les bétons autonivelants

Leurs performances mécaniques sont comparables à celles des bétons ordinaires.

Le BAP est actuellement plus cher que le béton traditionnel. La plus-value se situe autour de 20 Euros le m³ : plusieurs paramètres entrent en jeu : l'augmentation des éléments fins (ciment, filler calcaire), la présence d'adjuvants (superplastifiants), le temps de malaxage plus long en centrale, les conditions spéciales de fabrication.

L'utilisation des bétons autoplaçants permet :

-) la limitation et la suppression, respectivement, des nuisances sonores et vibratoires du fait de l'absence d'utilisation de l'aiguille vibrante et de la talocheuse-lisseuse mécanique (hélicoptère).

-) la réduction des risques d'accident et de la pénibilité par la diminution des interventions au sommet des banches et la limitation d'un certain nombre de tâches manuelles comme les opérations de ragréage.

Nous avons essayé d'évaluer l'impact de ces bétons de nouvelle génération sur les conditions de travail des salariés, notamment de plus de 50 ans, à partir de l'analyse de trois paramètres : le bruit, les vibrations et la charge physique de travail.

1) LE BRUIT

Des mesures instantanées de niveaux sonores réalisées sur site, à un mètre de la source du bruit montrent qu'avec les bétons autoplaçants les gains en terme d'acoustique pour les travailleurs concernés et l'environnement du chantier sont significatifs :

-) les activités rattachées à l'usage des B.A.P. verticaux (vidange de la benne, coulage...) engendrent des bruits instantanés compris entre 80 dB(A) et 82,5 dB(A). A contrario, lors de la mise en œuvre des bétons ordinaires, l'utilisation de l'aiguille vibrante montre des niveaux sonores s'échelonnant, selon les circonstances, entre 94 dB(A) et 112 dB(A) (notamment lors du contact avec le coffrage).

-) le coulage des B.A.N. horizontaux génère un niveau de bruit instantané d'environ 79 dB(A). Lors de la réalisation de planchers en béton ordinaire, le vibrage à l'aiguille et le talochage à l'hélicoptère indiquent respectivement des niveaux de bruit de 94 dB(A) et 100 dB(A).

La mise en œuvre de bétons ordinaires, comportant le positionnement des banches, les opérations de ferrailage, le coulage et le vibrage du béton, objective un niveau de bruit

continu équivalent (Leq) de 88,7 dB(A) pendant les 5 heures et 49 minutes qui ont été nécessaires à ces différentes opérations, ce qui, rapporté à la journée de travail, correspond à un niveau d'exposition sonore quotidienne (Lex, 8h) de 87,3 dB(A). On observe donc un dépassement de la valeur limite d'exposition fixée à 87 dB(A) par le Décret n° 2006-892 du 19 Juillet 2006 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit (sans tenir compte, cependant, dans le cas présent de l'atténuation assurée par les protecteurs individuels portés par les travailleurs, en l'occurrence des bouchons moulés).

L'utilisation des B.A.P. verticaux influence de manière sensible ces niveaux sonores : le niveau d'exposition sonore quotidienne (Lex, 8h) atteint 84,9 dB(A) se situant donc légèrement en dessous de la valeur d'exposition supérieure déclenchant une action de prévention. Il est à noter, cependant, que lors des opérations de coffrage et de ferrailage, aussi bien avec le béton ordinaire qu'avec le béton autoplaçant, l'utilisation de marteaux et de disqueuses contribue à augmenter grandement les niveaux sonores mesurés.

En ce qui concerne les B.A.N. horizontaux, l'absence de mesure sur la durée totale du bétonnage ne permet pas de comparaisons chiffrées avec le béton ordinaire. Cependant, l'absence de vibrage et de talochage mécanique laisse à supposer, compte tenu des résultats des mesures instantanées, que la réduction des risques liés à l'exposition au bruit est assez conséquente.

2) LES VIBRATIONS

La fréquence des vibrations induites par les aiguilles vibrantes se situe aux alentours de 200 Hertz pour le matériel électrique et entre 300 et 400 Hertz pour le matériel pneumatique. Ces valeurs concernent l'embout de l'aiguille. Les vibrations transmises sont nettement atténuées du fait que l'opérateur tient l'outil par le câble ou par le tuyau d'alimentation du vibreur.

Les fabricants d'aiguilles vibrantes affirment qu'à une distance de 20 cm de l'embout la transmission des vibrations est négligeable.

Nous avons procédé à des mesures afin de connaître l'importance exacte de la transmission des vibrations aux mains et aux bras afin de pouvoir la comparer aux valeurs journalières rapportées à une période de huit heures fixées par le décret n° 2005-746 du 4 juillet 2005 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques.

Nous avons réalisé une série de mesures à l'aide d'un capteur triaxial solidement fixé au niveau de la place de la main qui tient l'outil. Ce type de capteur permet de mesurer en temps réel les trois axes : longitudinal Z, transversal Y et sagittal X. A la fin de nos mesures nous avons calculé l'exposition journalière sur huit heures selon la formule fixée par l'arrêté du 6 juillet 2005. Les résultats montrent qu'il y a effectivement un excellent amortissement du câble et du tuyau et que le poste de travail peut être considéré comme peu vibrant. De plus l'observation sur le terrain a permis de quantifier la fréquence d'utilisation de l'aiguille vibrante d'occasionnelle (moins de 30 minutes) dans la plupart des cas et d'intermittente (30 minutes à deux heures) lors de gros coulages de planchers avec le béton ordinaire. Dans ces conditions, l'absence de vibrage lors de la mise en œuvre de B.A.P. verticaux a donc un impact limité sur les conditions de travail des opérateurs en regard du risque vibratoire.

Il n'en est pas de même pour la mise en œuvre des B.A.N. horizontaux en raison de la suppression du talochage mécanique à l'hélicoptère. En effet nous avons également effectué des séries de mesures avec le même capteur triaxial fixé sur le guidon de la machine, au niveau du positionnement des mains du salarié. Les mesures ont été réalisées lors de la première passe de l'hélicoptère puis lors des travaux de finition. Les résultats montrent que les vibrations sont plus importantes lors du premier passage que lors de la finition. L'observation sur le terrain a permis de quantifier la fréquence d'utilisation de l'hélicoptère d'intermittente (1 heure 30 à 2 heures par jour). Dans ces conditions nous constatons que nous sommes très proches du seuil d'alerte fixé à 2,5 m/sec² par le décret du 4 juillet 2005 et

que le retentissement est important sur les conditions de travail des opérateurs en regard du risque vibratoire.

3) LA PENIBILITE

Nous avons pu remarquer qu'avec le béton ordinaire, l'utilisation de l'aiguille vibrante pouvait générer une charge physique de travail parfois importante. Sur un voile, le maçon peut être amené à réaliser des efforts pour dégager le vibreur coincé entre le coffrage et le treillis soudé ; de même, sur un voile de grande hauteur, l'ouvrier en charge de la vibration doit sans cesse descendre et remonter l'aiguille à des niveaux différents. Par ailleurs, le passage du vibreur entre les multiples réservations à l'intérieur du coffrage nécessite des déplacements répétés avec dénivellation.

Une étude réalisée dans le cadre du projet BRITE EURAM (programme européen de recherche dans le secteur des technologies industrielles et des matériaux de pointe), a permis de comparer les efforts physiques engendrés par la mise en place des bétons ordinaires et des bétons autoplaçants en utilisant comme paramètres la fréquence cardiaque maximale de l'opérateur et sa consommation maximale d'oxygène (VO_2 max) exprimée en ml/mn/kg. Les résultats, exprimés en pourcentage des capacités maximales de l'individu (fréquence cardiaque maximale théorique ($220 - \text{âge}$) et VO_2 max théorique), sont ensuite reportés sur une échelle de pénibilité permettant de déterminer plusieurs niveaux d'intensité physique de très faible à très dur.

Les résultats de cette étude mettent en évidence l'apport important des bétons autoplaçants en terme de réduction de la pénibilité passant d'un niveau d'intensité physique qualifié de dur pour le béton conventionnel (14,2 pour les planchers, 14,1 pour les voiles) à très faible pour le béton autoplaçant (8,8 pour les planchers, 7,8 pour les voiles). Cette différence est due à l'absence de vibrage et à la propriété autonivelante des B.A.N. horizontaux qui diminue la part du ratissage des planchers. Il faut ajouter également que lors du passage de l'hélicoptère, les bords et les angles des dalles sont réalisés manuellement d'où le maintien de postures contraignantes (penchées en avant notamment) ; de même l'opérateur doit à chaque passage de travées soulever la machine, d'où des efforts de manutention importants. Enfin, ce poste de talochage mécanique est soumis, selon le temps de séchage du béton, à des cadences élevées.

Cette amélioration des conditions de travail a été confirmée par un questionnaire remis aux salariés concernés :

-) l'avis des « compagnons » est unanime en matière de B.A.P. verticaux puisque 41% d'entre eux estiment que leurs conditions de travail sont très améliorées et 59% un peu améliorées.

-) en ce qui concerne les B.A.N horizontaux, 88% des salariés ont une opinion très positive : le caractère autonivelant des B.A.N. facilite grandement les opérations très contraignantes d'étalage et de talochage du béton. Cependant, 12% des personnes interrogées ne perçoivent pas de différence notable entre les deux techniques. Cette constatation peut s'expliquer par le maintien répété et prolongé de postures inconfortables (accroupies ou penchées en avant) pour colmater les joints entre les prédalles avant le coulage du B.A.N.

CONCLUSION

Cette étude nous a donc permis de mettre en évidence l'impact intéressant des bétons autoplaçants sur les conditions de travail (pénibilité, bruit, vibrations) des salariés affectés à leur mise en œuvre.

La suppression du vibrage et la réduction des opérations contraignantes de ratissage, intéressantes, notamment, pour les travailleurs les plus âgés, représentent les facteurs prépondérants de cette amélioration.

Des évolutions technologiques portant, plus particulièrement, sur la résistance des coffrages aux pressions plus importantes de bétonnage pourraient contribuer, à l'avenir, au développement de ce procédé.