

La banche hydraulique « BH 3000 »

REX PETIT-QUEVILLY _____

Avril 1997

Auteur
Jean-Luc SALAGNAC - CSTB

Responsable rédaction
Christophe PERROCHEAU

Directeur de la publication : Olivier PIRON
Directeurs de rédaction : Guy GARCIN et Hervé TRANCART
Chargée de communication : Annie NOVELLI
Photos : Louise HARVEY

Plan Construction et Architecture - Chantier 2000

Ministère du Logement
Arche de la Défense
92055 PARIS LA DÉFENSE Cedex 04

Fiche technique: REX PETIT-QUEVILLY

► RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIMENTATION

Le projet porte sur l'équipement des banches par des dispositifs électro-hydrauliques capables d'assurer les fonctions mécaniques nécessaires tant pour le réglage avant coulage du béton que pour le maintien en position. L'emploi de la technologie hydraulique permet d'éliminer les vis de réglage et surtout leur manœuvre par choc qui est souvent pratiquée sur les chantiers. Il est attendu de l'expérimentation la vérification des gains escomptés en matière de qualité, de productivité et de sécurité en même temps que des possibilités d'adaptation du personnel à ce nouvel outil.

► OPÉRATION SUPPORT

L'opération se situe au Petit-Quevilly (Seine-Maritime). Elle comprend 40 logements collectifs. Le chantier a été réalisé en 1996.

► PARTENAIRES DE L'EXPÉRIMENTATION

Maître d'ouvrage

SEM de Petit-Quevilly

Maître d'œuvre

Atelier des deux anges

Entreprise

QUILLE

Fabricant des coffrages

SATECO

Partenaire de l'équipe

GEMRO

Contacts

Alain VASSAL - Quille
Le Trident - 18 rue Henri Rivière - BP 1048
76172 ROUEN Cedex
Tél. 02 35 14 49 25 - Fax : 02 35 14 49 00

Thierry BRAUD - Sateco
BP 10 - Zone industrielle
86110 MIREBEAU
Tél : 05 49 50 41 69 - Fax : 05 49 50 47 73

► ÉVALUATION DE L'EXPÉRIMENTATION

Jean-Luc SALAGNAC - CSTB
4 avenue du Recteur Poincaré
75782 PARIS Cedex 16
Tél : 01 40 50 28 39 - Fax : 01 40 50 28 38

Sommaire

▶ SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION EXTERNE	p 5
▶ ANALYSE DU PROTOCOLE D'EXPÉRIMENTATION	p 7
▶ DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHE	p 9
Les essais préalables	p 9
La phase chantier	p 12
Les mesures	p 14
▶ ÉVALUATION DE LA DÉMARCHE - PERSPECTIVES	p 16
 ANNEXES : Extraits du journal « Chantiers 2000 » :	
De l'hydraulique pour assister la banche	p 21
Interview: Thierry BRAUD, ingénieur chez Sateco	p 23

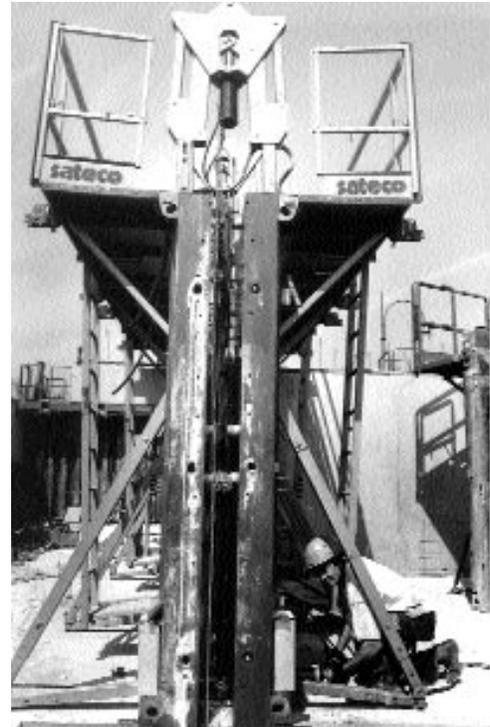
Synthèse de l'évaluation externe

BH 3000 est une banche container dont chacune des fonctions de base (réglage d'aplomb, réglage d'horizontalité, ouverture, fermeture, serrage des panneaux, assemblage avec les banches voisines) est assurée par des vérins hydrauliques. Une banche de 2,4 mètres de large est ainsi équipée de 20 vérins. Un des panneaux de la banche est « fixe », l'autre est « mobile », les deux béquilles verticales réglant l'horizontalité étant équipées de galets de roulement. Ce panneau peut ainsi se déplacer sur le sol suivant une direction perpendiculaire aux surfaces de coffrage en se rapprochant ou en s'éloignant du panneau fixe, lorsque les vérins assurant la fonction de fermeture ou d'ouverture sont actionnés. Chaque panneau est doté d'un ensemble de distributeurs hydrauliques permettant d'actionner les vérins liés au panneau correspondant. Le fluide sous pression nécessaire au fonctionnement de ce dispositif est fourni par un groupe électro-hydraulique fonctionnant sur secteur. Des flexibles permettent de relier le groupe aux distributeurs hydrauliques.

L'intérêt potentiel d'une telle banche réside dans la possibilité de diminuer les efforts des compagnons, en particulier lors de certaines tâches particulièrement pénibles telles que le serrage des tiges d'entretoise. Le second avantage est de limiter l'immobilisation de la grue en autonomisant des opérations comme l'ouverture et la fermeture des banches grâce aux vérins hydrauliques.

Une période de six mois, destinée à la mise au point de l'appareil, a précédé l'introduction de la banche sur chantier. Les travaux ont porté sur des aspects techniques (rigidité mécanique, position des vérins, etc.) ainsi que sur la définition de modes opératoires d'utilisation de la banche sur le chantier. Une session de formation des compagnons relative aux particularités techniques et organisationnelles liées à l'utilisation de la banche BH 3000 a conclu cette période.

Les banches BH 3000, qui ont été utilisées dans diverses configurations sur le chantier (façade, refend, angle), ont représenté la moitié des moyens de coffrage disponibles sur le chantier, le restant étant constitué de banches containers traditionnelles.



L'appropriation de la banche par les équipes, après une période de rodage sur le chantier, s'est traduite par une augmentation de la performance (mesurée en terme d'unité de temps par unité de surface de voile). La performance finale n'est toutefois pas supérieure à celle obtenue avec une banche traditionnelle. Ce résultat n'est pas définitif. Des incidents techniques ont en effet perturbé l'utilisation des banches BH 3000 pendant le chantier. En particulier, après quelques semaines d'utilisation, les vérins de serrage des tiges d'entretoises se sont révélés incapables d'assurer leur fonction. Les panneaux des banches se sont écartés pendant la prise du béton, entraînant dans le pire des cas le déplacement des mannequins des baies. Ces vérins ont été supprimés. Par la suite, les opérations de serrage des tiges d'entretoises se sont effectuées manuellement, comme sur les banches traditionnelles, confirmant ainsi l'importance et la pénibilité de la fonction de serrage par rapport aux autres fonctions de base de la banche.

L'assistance mécanique d'autres fonctions, comme la commande des béquilles de réglage d'aplomb, s'est par ailleurs révélée plus gênante que bénéfique. L'assistance mécanique a prouvé son intérêt pour diminuer la pénibilité du travail des compagnons. Une réflexion complémentaire serait toutefois nécessaire pour hiérarchiser les fonctions d'assistance afin de disposer d'un outil mieux adapté et plus fiable. En particulier, des progrès sont à accomplir en matière de gestion des groupes hydrauliques (nombre, emplacements, maniabilité, connectique, etc.).

L'expérience a par ailleurs montré que le recours à la barre à mine était incontournable dans certaines situations (calage de la banche, aide au dégagement des panneaux). Sur le plan de l'amélioration de l'environnement sonore, les mesures réalisées ne permettent pas de conclure définitivement.

Un travail d'ensemble d'analyse fonctionnelle reste à entreprendre sur ce matériel. L'expérimentation aura cependant contribué à alimenter une telle réflexion. Les résultats des chrono-analyses relatifs à l'incidence de l'utilisation de la banche BH 3000 sur le taux d'occupation de la grue ne permettent pas de conclure autrement que qualitativement. La grue est effectivement moins chargée pendant les périodes d'ouverture et de fermeture qu'avec des banches traditionnelles. Toutefois, l'analyse de l'incidence de ces gains de temps sur le chantier reste à entreprendre.

Analyse du protocole d'expérimentation



La banalisation de la technique du béton banché sur les chantiers de bâtiment en France met en avant l'importance particulière du coffrage, outil central de cette technique de gros œuvre. Les évolutions de la banche se déclinent suivant plusieurs axes. Outre les techniques mettant en œuvre des coffrages perdus (blocs en polystyrène, métal déployé, etc.), les pistes de progrès portent sur l'amélioration de la maniabilité des banches (outils manportables); la recherche de la diminution de la consommation d'huile de coffrage (utilisation de matériaux de synthèse); la limitation de la mobilisation de la grue pendant la période de remplissage des banches (remplissage par injection de béton fluidifié). Ces évolutions sont conditionnées par une recherche de maîtrise des délais; d'augmentation de la productivité du travail; de diminution de la pénibilité des tâches pour les compagnons; de sécurité; de protection de l'environnement.

L'opération expérimentale BH 3000 s'inscrit dans ce mouvement. Son objet est en effet, comme le souligne le protocole, « de réduire grâce à l'hydraulique la pénibilité des tâches d'assemblage des outils coffrants; d'améliorer la sécurité, la productivité et la qualité globale des chantiers; de développer les automatismes dans les opérations de coffrage et de décoffrage ».

Le parti pris technique concerne la mécanisation des fonctions de base d'une banche. L'équipe a choisi de réaliser cette mécanisation par des actionneurs (vérins) hydrauliques. Les fonctions concernées sont celles qui correspondent à tous les mouvements effectués par une banche au cours des différentes phases du processus de réalisation d'un ouvrage en béton armé (à l'exception toutefois du déplacement des trains de banches d'un point à un autre du chantier, qui est exécuté à l'aide de la grue):

Phase	Fonction élémentaire
Calage de la banche	<ul style="list-style-type: none"> • Appui en respect des alignements • Réglage de l'aplomb
Fermeture de la banche	<ul style="list-style-type: none"> • Rapprochement des panneaux • Serrage en respect de l'écartement voulu
Coulage	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien du serrage à l'écartement voulu
Ouverture	<ul style="list-style-type: none"> • Écartement des panneaux

A cette liste, il faut ajouter la fonction d'assemblage de banches juxtaposées, ainsi que la fonction stabilité, omniprésente pendant toutes les phases. Le protocole d'expérimentation développe en outre d'autres arguments motivant l'expérimentation. Ainsi, *les fonctions essentielles du coffrage, qui sont effectuées manuellement avec l'aide systématique du mar-*

teau et de la barre à mine, dégradent le matériel. Ces manipulations induisent des opérations de maintenance régulières et fréquentes. Par ailleurs, la pénibilité et le danger inhérents aux tâches du coffreur ont des effets démotivants sur l'attrait des jeunes compagnons pour ce métier.

L'équipe d'expérimentation comprend l'industriel Sateco, fabricant de la banche, et la société Gemro qui, comme l'entreprise Quille, est une filiale du groupe Bouygues. Cette société est spécialisée dans la location, l'entretien et la mise au point de matériels de travaux. La banche BH 3000 est un outil prototype fabriqué par la société Sateco qui n'a pas fait l'objet de tests préalables sur chantier. L'équipe s'est donc ménagée une période probatoire dans les ateliers de la société Gemro avec un double objectif: mettre au point le prototype et familiariser les compagnons et les personnels du Gemro aux spécificités de cette banche ainsi qu'aux conséquences induites par son utilisation sur chantier. L'introduction de l'hydraulique dans

des outils de coffrage pour le bâtiment n'est pas en soi une innovation. Depuis plusieurs années, des vérins équipent ainsi certaines banches tunnels pour assurer en particulier des fonctions de déformation géométrique des panneaux, de manière à faciliter la manipulation des outils de coffrage.

Les enjeux de l'expérimentation sont à la fois techniques (mise au point d'un outil) et organisationnels (évaluation de l'incidence sur le cycle gros œuvre, modification des relations des compagnons avec l'outil). Le protocole précise les informations que l'équipe envisage de collecter ainsi que les moyens à mobiliser pour pouvoir évaluer ces enjeux :

Champ d'observations	Indicateurs	Moyens / méthodes
Impact sur les conditions de travail	Comparaison des mesures de fréquences cardiaques et de niveaux sonores auprès de deux compagnons coffreurs, l'un travaillant sur une banche traditionnelle, l'autre sur une banche hydraulique	MAECT * Cardio-fréquencemètre Sonomètre Analyseur de postures
Impact sur la sécurité du poste de travail	Trace des incidents et accidents bénins taux de fréquence et taux de gravité des accidents	Journal de bord
Impact sur la qualité des ouvrages exécutés	Bullage Désaffleurements entre panneaux	Contrôle visuel
Impact sur la productivité	Comparaison des temps unitaires avec ceux d'une banche traditionnelle temps d'occupation de la grue	Chrono-analyse
Impact sur l'environnement des chantiers	Niveaux acoustiques	Mesures acoustiques
Impact sur la revalorisation du métier de coffreur	Promotion au statut de technicien coffreur	Formation

L'obtention de certains indicateurs reposait sur la comparaison de la mise en œuvre de la banche hydraulique et d'une banche traditionnelle. Deux types de banche ont donc équipé le chantier. La période d'observation s'est focalisée sur la phase gros œuvre, soit 4 à 5 mois. Le protocole d'expérimentation prévoit

l'intervention du médecin du travail de l'entreprise Quille pour des actions relatives aux conditions de travail, ainsi que la participation aux observations de l'OPPBT et la CRAM.

* Méthode d'Analyse et d'Évaluation des Conditions de Travail: méthode d'observation mise au point par l'OPPBT.

Déroulement de la démarche

► LES ESSAIS PRÉALABLES

L'ordre de service travaux a été donné le 10 janvier 1996. La période d'utilisation des banches s'est étalée du 6 mars au début du mois de juin 1996. Il n'y a pas eu d'ordre de service de préparation de chantier. La mise en œuvre des banches BH 3000 sur le chantier a été précédée d'une période probatoire, le matériel prototype n'ayant pas fait l'objet d'essais autres que chez le constructeur. L'équipe a ainsi décidé de tester un train de banches en atelier. Les banches expérimentées sont des prototypes. Elles présentent une morphologie proche d'une banche container. Leur largeur est de 2,4 mètres. Un des panneaux est destiné à rester fixe au cours des opérations de préparation et de fermeture de la banche. Il est équipé de quatre béquilles télescopiques (vérins) commandées hydrauliquement de manière indépendante: deux béquilles sont inclinées pour assurer la stabilité et le réglage de verticalité; deux béquilles verticales assurent la correction de hauteur et d'horizontalité (un niveau à bulle est fixé sur chaque panneau pour contrôler le réglage). L'autre panneau est équipé des mêmes béquilles. Deux galets de roulement sont fixés aux extrémités des deux béquilles verticales, afin de faciliter le déplacement sur le sol de ce panneau suivant une direction perpendiculaire aux surfaces de coffrage. Le mouvement de rapprochement des deux panneaux est assuré par deux vérins agissant simultanément pour ouvrir ou fermer les deux ciseaux. Sur le côté vertical gauche de chaque panneau (en regardant depuis l'extérieur de la banche), sont disposés un vérin de centrage et deux vérins d'assemblage situés de part de d'autre du vérin de centrage. Une seule commande hydraulique assure le fonctionnement de ces trois vérins. De plus, la face « mobile » est équipée de quatre vérins permettant le serrage de quatre tiges, perpendiculaires aux surfaces de coffrage, destinées à maintenir les quatre cônes d'écartement des deux panneaux. Les distributeurs de commandes de ces vérins sont disposés sur chaque panneau (cinq sur le panneau « fixe », sept sur le panneau « mobile »). Le fluide sous pression nécessaire au fonctionnement des vérins est fourni par une centrale électro-hydraulique (fonctionnant sur secteur ou sur batteries). Les panneaux sont équipés d'un réseau de tuyaux souples reliant les distributeurs aux

vérins. Afin d'alimenter ce réseau en fluide sous pression, deux tuyaux peuvent être couplés à la centrale électro-hydraulique. Une centrale alimente un seul panneau à la fois. La commande de plusieurs panneaux par une seule centrale rend inévitable les connexions et déconnexions à l'aide de coupleurs de pression.

Une première démonstration en atelier s'est effectuée à partir d'un train de banches constitué de deux banches BH 3000 identiques à celle décrite précédemment. Deux centrales électro-hydrauliques étaient disponibles pour les quatre panneaux. L'essai a eu lieu sur une surface propre, lisse et légèrement inclinée. Les phases de la démonstration ont été les suivantes:

- présentation des banches juxtaposées, mais non assemblées;
- prise par la grue d'une des deux banches et dépose à quelques mètres de distance;
- fermeture de la banche restée en place à l'aide des mécanismes hydrauliques (en l'absence de la grue);
- prise de la seconde banche BH 3000 par la grue et mise en juxtaposition du panneau sans galets de roulement avec le panneau fixe de la première banche;
- assemblage des deux panneaux « fixes » juxtaposés, à l'aide des mécanismes hydrauliques (en l'absence de la grue);
- fermeture de la deuxième banche à l'aide des mécanismes hydrauliques (en l'absence de la grue).

Ces essais ont témoigné de la faisabilité technique de l'assemblage des banches, dans des conditions assez éloignées de celles d'un chantier. Ils ont surtout permis d'identifier des points d'amélioration. Quelques difficultés sont en effet apparues. Certaines étaient consécutives au manque de planéité du sol (le panneau « fixe » de la première banche avait tendance à basculer lors de la fermeture); d'autres résultaient d'insuffisances de maturité du matériel prototype testé. Plusieurs facteurs étaient à l'origine de ces insuffisances. Ainsi certaines solutions adoptées étaient « rustiques » pour des raisons évidentes d'économie à ce stade de développement du produit (par exemple temps excessif passé à connecter et à déconnecter les centrales hydrauliques). De même, on évoquera l'absence d'un mode opératoire bien maîtrisé, la fiabilité insuffisante des centrales électro-hydrauliques

sur batterie ou une conception d'ensemble perfectible (en particulier on pouvait s'interroger sur le parti pris de créer le mouvement de fermeture et d'ouverture par action directe sur les ciseaux des banches).

Ces groupes de problèmes ont été analysés afin d'élaborer un cahier des charges technique de la banche BH 3000. La banche modifiée a été expérimentée au cours du dernier trimestre 1995. L'équipe a par ailleurs construit un programme de formation du personnel destiné à maîtriser le fonctionnement du matériel. Ces premiers essais ont également confirmé la nécessité d'une

réflexion du bureau des méthodes pour élaborer un plan d'introduction progressive des banches hydrauliques dans le cycle de production afin de tester le matériel dans toutes les configurations (refend, pignon, façade). Il s'agissait aussi d'anticiper les conséquences de cette introduction sur l'utilisation de la grue libérée des attentes de fermeture et d'ouverture des banches.

Une seconde démonstration s'est déroulée le 17 novembre 1995. Les améliorations techniques apportées à la banche BH 3000, suite aux premiers essais, portent sur les points suivants :

Amélioration	Conséquence
Raccourcissement de 300 mm des branches des compas Changement de positionnement des points d'attaches des branches des compas sur les banches	Augmentation de la rigidité des compas
Déplacement des deux vérins de serrage supérieurs au niveau de la passerelle des banches	Les tiges de serrage ne traversent plus la peau de coffrage Ces vérins sont maintenant exposés au contact avec le béton lors du coulage Une protection est à étudier
Protection des tuyaux hydrauliques contre les chocs, arrachement et cisaillement Protection des organes mobiles contre les projections de béton	Diminution du risque de panne Meilleure fiabilité
Mise en place d'un joint caoutchouc en pied de banche	Limiter les fuites de laitance
Limiteur de pression sur les vérins de serrage	Meilleur contrôle du serrage
Limiteur de débit sur les vérins de béquille	Meilleur contrôle des mouvements
Abandon de l'alimentation sur batteries des centrales hydrauliques	Élimination des problèmes d'autonomie énergétique, mais introduction d'un câble d'alimentation
Généralisation des coupleurs rapides	Connexion/déconnexion plus faciles
Repérage par codes de couleur des manettes de commande	Meilleure ergonomie
Possibilité de réglage du niveau à bulle	Meilleure précision de réglage



La démonstration de fermeture, puis d'ouverture de la banche, a mis en évidence des progrès par rapport à l'essai précédent. Elle a toutefois été effectuée sur un sol industriel lisse et propre, peu représentatif de l'état de surface des sols sur chantier. Certains problèmes, comme le positionnement relatif des banches mobiles avant assemblage, restaient toutefois à résoudre. Ainsi, il s'est avéré délicat de positionner la deuxième banche mobile avec les seules commandes hydrauliques, le bord vertical de la deuxième banche mobile venant heurter le bord de la banche mobile déjà en place. L'usage d'un levier (pied de biche) a été nécessaire pour corriger la trajectoire. Durant le dernier trimestre 1995, des séances de travail hebdomadaires ont balayé le champ des problèmes pratiques. Cette période probatoire a ainsi permis de faire évoluer le prototype initial vers un produit dont la conception a intégré les remarques des futurs utilisateurs.

Une session de formation a été organisée à destination de six compagnons. Son objectif était de les familiariser à la technologie hydraulique, de les entraîner à la manipulation et à l'entretien de la banche et de les sensibiliser aux modifications de l'organisation et des risques. Au cours de cette journée, les compagnons ont manipulé un train constitué de deux banches BH 3000. Les réactions des compagnons sont consignées dans le tableau suivant.

Les premières impressions ont été globalement positives. Toutefois, quelques interrogations (rapidité de la manœuvre, modifications du mode opératoire) ne pourront trouver réponse qu'après essais sur chantier. A cet égard, les observations formulées par les compagnons se sont révélées très pertinentes au cours des essais ultérieurs sur le chantier.

<p>Avantages escomptés</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution des efforts et du niveau sonore • Évolution de l'image du métier • Soulagement des sollicitations de la grue
<p>Craintes exprimées</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La modernité de l'appareil est suspectée de conduire à terme à une réduction de personnel • Nécessité d'être plus attentif, en particulier pendant la phase d'apprentissage
<p>Constats sur le matériel expérimenté</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La barre à mine deviendrait inutile, sauf peut-être lors de la réception de la banche au lieu de coulage • Prévoir des dispositifs pour les bouts verticaux • Protéger les vérins supérieurs • Régler les problèmes de fuite d'huile (l'entreprise se préoccupe des moyens de nettoyage des surfaces éventuellement souillées) • Faire évoluer la conception des organes de commande pour rendre les gestes plus « naturels »

► LA PHASE CHANTIER

Le matériel utilisé sur le chantier était constitué par :

- 2 banches doubles (largeur 4,8 mètres) équipées chacune de 3 ciseaux avec vérins ;
- 4 banches de 2,4 mètres chacune, équipées de 2 ciseaux avec vérins ;
- 1 banche de 1,2 mètres, équipée de 2 ciseaux avec vérins ;
- 1 angle composé de 2 parties sans liaison ;
- 4 centrales électro-hydrauliques sur secteur ;
- 1 pompe hydraulique manuelle pour la commande des vérins d'assemblage et des vérins de serrage de la banche d'angle.

Le matériel a été livré démonté. La société Sateco a assemblé les éléments en une semaine. Des banches container traditionnelles, pour une surface équivalente, auront par ailleurs été utilisées.

La préparation **du premier coulage**, qui a eu lieu les 6 et 7 mars 1996, correspond à la première utilisation des banches BH 3000 en condition de chantier. Ces premières observations - et les suivantes - ont apporté des informations tant sur les aspects techniques que sur les problèmes d'organisation. Leur analyse a permis de dégager des voies d'amélioration conduisant à des transformations soit à court terme, pendant la durée du chantier, soit à plus long terme.

Certaines observations sont corrélatives à des phénomènes éphémères que l'expérience et les améliorations techniques ont fait disparaître. Le tableau suivant résume les phénomènes transitoires observés.

Observation	Amélioration
Le branchement d'un même groupe hydraulique sur les deux entrées d'un train de 4,8 mètres provoquait des dysfonctionnements : tous les vérins d'une même fonction n'étaient plus commandés. Le débranchement d'une des connexions était nécessaire pour obtenir un fonctionnement normal (problème constaté sur les fonctions : vérins de roue, serrage des tiges, serrage des rives)	Équilibrage des débits entre les différents circuits
La mise en place des tiges de serrage en bas des banches était difficile : il fallait trouver l'orifice sur la banche en vis-à-vis « en aveugle »	Problème rencontré en particulier au rez-de-chaussée, et dû au fait que la banche reposait en partie sur du terrain meuble, dont le tassement était à l'origine du non alignement
Les symboles dessinés sur les boîtes de commande n'étaient pas homogènes d'une banche à l'autre et ne correspondaient pas nécessairement à la logique de l'opérateur. Par exemple une flèche dirigée vers le bas signifiait « baisser la béquille de roue » alors que la banche était déplacée vers le haut	Habitude du maniement de la banche
Lors du coulage, le boîtier de commande et/ou le flexible du vibreur pouvait s'accrocher dans les tiges de serrage supérieures	Habitude du maniement de la banche
La réalisation de talonnettes de voile pour caler les banches gênait la mise en place des banches BH 3000	Remplacement des talonnettes coulées en place par des guides en pied de banche



D'autres phénomènes ont par contre perduré pendant la durée du chantier. Ils concernent en particulier **les groupes hydrauliques** qui n'ont pas été conçus pour circuler aisément sur le chantier (soit dans la terre, soit sur un sol encombré, soit sur les passerelles de sécurité). Cette situation a conduit à des difficultés constantes lors des nombreuses maintenances de ces groupes, transportés à la main par deux compagnons entre les différentes zones du chantier. De même, **le désassemblage des banches** s'est parfois avéré long et difficile. Le mouvement des vérins de rives et le désengagement des fourchettes de blocage nécessitaient plusieurs actions sur les deux vérins, le recours au marteau et la mobilisation de deux compagnons. Le repérage de la position des témoins d'enclenchement des vérins de rive est resté difficile (le témoin du bas était caché par une bavette de protection). Le désaccouplage d'une banche droite et de l'angle compliquait la situation précédente par la nécessité d'agir avec de violents efforts sur la pompe manuelle pour commander les vérins de rives du coffrage d'angle.

L'importance de ces efforts est attestée par la déformation du bras de levier de la pompe lors des manœuvres. **Les connexions/déconnexions des coupleurs hydrauliques** sont restées problématiques. L'utilisation d'un chiffon était en effet quasiment indispensable pour assurer une prise sur des pièces de faible taille rendues glissantes par les pertes d'huile à chaque opération. Le recours à divers « outils » disponibles sur le chantier, comme l'utilisation du marteau pour désaccoupler les connecteurs hydrauliques, a permis de faire face de manière « pragmatique » aux problèmes occasionnés par ces composants. **La mise en place et le maintien des abouts de banches** est très perfectible. L'absence d'une solution industrielle aboutie a conduit à assurer cette fonction essentielle à l'aide d'adaptations ponctuelles, peu cohérentes avec l'ambition du projet.

Les observations de mise en œuvre du tableau suivant relèvent de problèmes qui ont trouvé des solutions pendant la durée du chantier.

Observation	Amélioration
Le repérage des banches permettant d'associer les constats techniques et le matériel est absent	Repérage des banches par des numéros
La mise en place de ces premières banches a conduit à une préparation très soignée du sol	Avec l'habitude, le maniement des banches est devenu plus aisé et le « juste niveau » de préparation a été trouvé
Le niveau à bulle se révèle inutilisé	Substitution par un fil à plomb

D'autres difficultés n'ont par contre pas trouvé de solution lors de l'expérimentation. Elles concernent en particulier **le recours à la barre à mine** dont la suppression, corrélative à l'introduction de la banche BH 3000, avait été envisagée en phase pré-expérimentale. Certaines situations n'ont pu néanmoins être solutionnées sans le recours à cet outil (ripage d'une banche, calage contre les talonnettes ou les guides de pied de voile). Ainsi, en l'absence de grue, le déplacement de quelques millimètres de l'outil de coffrage ne peut être obtenu rapidement qu'en faisant appel à la barre à mine comme levier. De même, lorsque les passerelles de deux banches voisines s'accrochent et gênent l'ouverture, le bras de levier de la même barre à mine reste le seul recours efficace. **Le manque d'anticipation dans la gestion des déplacements des groupes hydrauliques** induit des connexions/déconnexions inutiles. Un progrès conduisant à une meilleure maîtrise de ces déplacements passerait par une observation fine et une réflexion sur les procédures de mise en œuvre des banches. En effet, les connexions/déconnexions des flexibles sont parfois intempestives: le même coupleur peut être connecté, déconnecté et reconnecté en l'espace de quelques dizaines de secondes afin d'effectuer des mouvements dont la nécessité était insuffisamment anticipée.

Au cours des coulages suivants, les principales évolutions relatives aux observations, tant sur le plan technique qu'organisationnel, ont été présentées précédemment. Les fiches de suivi font mention dès le 18 mars 1996 de problèmes liés à un mauvais serrage des banches. Le problème, constaté tout d'abord sur une seule banche, s'est généralisé à l'ensemble du matériel le 12 avril. Entre temps, les conséquences de ce mauvais serrage ont handicapé l'avancement du gros œuvre et la qualité des baies: certains mannequins se sont déplacés de plusieurs centimètres dans les banches. Par ailleurs, les voiles réalisés durant cette période présentaient une sur-épaisseur de 5 millimètres à 1 centimètre. La société Sateco est intervenue sur le chantier le 15 avril. Elle a procédé au démontage de tous les vérins de serrage afin de les faire examiner par le fournisseur, soupçonnant que la baisse de pression et le déplacement des pistons étaient consécutifs à une fuite interne aux vérins. Le serrage s'est par la suite effectué manuellement. Les compagnons ont exprimé

leur regret quant à la disparition de l'assistance mécanique de cette fonction qui évite un travail pénible. Des essais, effectués le 9 mai après remise en place de vérins de serrage des tiges, se sont révélés négatifs. Le 15 mai, une nouvelle tentative concernant une seule banche s'est avérée plus concluante. La banche, équipée des nouveaux vérins de serrage, a donné satisfaction quant au maintien du serrage pendant la prise du béton. L'observation montre un écart de l'ordre du millimètre entre l'épaisseur nominale et l'épaisseur constatée au décoffrage. Les autres banches BH 3000 ont continué à être serrées manuellement (les compagnons ayant suivi le stage de formation au Gemro ont confirmé l'importance attribuée à la motorisation de la fonction de serrage, alors que d'autres assistances hydrauliques (mouvement de béquilles par exemple) étaient jugées moins primordiales).

► LES MESURES

Le bureau des méthodes de l'entreprise a réalisé plusieurs séries de **chrono-analyse**. Deux ont concerné la banche BH 3000 et deux les banches containers traditionnelles. Ces mesures intègrent sur une journée les temps d'activité identifiés par l'entreprise (manutentions, mise en place de banches, ferrallages, coulage, etc). Des corrections prenant en compte des tâches éminemment variables, telles que le ferrallage, permettent d'affiner les comparaisons. Toutefois, le faible échantillon statistique ne permet pas de conclure de manière sûre quant aux tendances qui se dégagent de l'analyse des mesures. Sur une période de six semaines, les données brutes (toutes tâches confondues) révèlent une augmentation des performances (de 0,95 heures/m² à 0,74 heures/m²) des banches BH 3000. En l'état actuel, les mesures corrigées orientent les conclusions vers une « efficacité » (en terme d'heures par m²) très voisine entre une banche traditionnelle (container) et la banche BH 3000. Cependant, la grue est moins chargée (à égalité de surface de banches) qu'avec un outil traditionnel. Certaines phases du cycle ne sont pas modifiées par l'introduction des commandes hydrauliques. Pour des fonctions, tel que le réglage du panneau fixe, l'hydraulique ne semble pas d'un intérêt probant en terme de gain de temps par rapport aux systèmes



actuels (vis de réglage). Par contre, la fermeture des banches n'étant plus tributaire de la disponibilité de la grue, l'organisation du chantier s'en trouve assouplie. Les compagnons sont de fait plus autonomes et peuvent potentiellement mieux organiser leur activité. De même, lors de l'ouverture des banches, la durée d'immobilisation de la grue est plus courte qu'en traditionnel.

Une organisation des travaux adaptée devrait révéler les gains potentiels liés à cette moindre occupation de la grue, même si les réflexions initiées dans cette direction n'ont pas abouti.

Le médecin du travail de l'entreprise a entrepris **des observations et mesures médicales** durant deux journées. Ces observations, qui ont été réalisées avant et après les problèmes constatés sur les vérins de serrage des tiges, ont porté sur les facteurs d'activité physique conformément à la MAECT : efforts physiques, manutentions, postures et déplacements. Des mesures de niveau sonore et de fréquence cardiaque des compagnons sont par ailleurs venues les compléter. Les résultats ont été comparés à ceux de chantiers employant des banches traditionnelles.

Compte tenu de la faiblesse de l'échantillon statistique, les enseignements de la comparaison ne sont pas très significatifs. Toutefois, les observations mettent en avant des signes encourageants en faveur de la banche hydraulique. Ainsi, la charge physique semble moindre (appréciation à moduler suivant les compagnons et en fonction de l'habitude acquise avec ce nouvel outil). Les résultats exploités montrent que l'utilisation du serrage hydraulique (en substitution du serrage des écrous à l'aide du marteau) est à l'origine de la baisse du niveau sonore (bruits impulsifs) constaté sur le chantier. Autre point : les postures défavorables sont moins fréquentes (9 % du temps) qu'avec une banche traditionnelle, probablement grâce au serrage hydraulique. Par contre, certaines phases de l'activité ne sont pas modifiées. C'est en particulier le cas du coulage vibrage, des manutentions manuelles, des déplacements dans la zone d'activité.

Afin de permettre une évaluation rigoureuse de l'impact de la banche hydraulique sur l'amélioration des conditions de travail, ces premiers enseignements devront d'être confirmés par des mesures complémentaires.

Évaluation de la démarche - perspectives

La période probatoire aura permis d'identifier et de résoudre un certain nombre de problèmes techniques, ainsi que de préparer les compagnons aux conséquences prévisibles liées à l'introduction de la banche BH 3000. La panne de vérins de serrage, intervenue relativement tôt dans la période de gros œuvre, aura limité le champ d'observation. Elle aura par contre mis en évidence l'importance de cette fonction de serrage, qui est par ailleurs attestée par des observations effectuées sur des chantiers traditionnels.

Sur un plan plus général, la préparation et le déroulement de cette expérimentation auront démontré la difficulté d'anticiper certains problèmes de chantier (gestion des groupes hydrauliques; difficulté de désassemblage des banches). Une réflexion plus approfondie aurait toutefois favorisé une meilleure définition des solutions techniques et organisationnelles.

Ainsi, une analyse fonctionnelle des phases d'utilisation des banches aurait permis de montrer a priori l'importance des fonctions de bases de la banche telles la fermeture, l'ouverture et le serrage. Elle aurait aussi permis d'en relativiser d'autres, telles le réglage de l'aplomb par les béquilles obliques et verticales.

Il est probable qu'une analyse plus prospective aurait montré qu'une association de ces fonctions plus essentielles puisse être bénéfique, en terme de simplicité et de robustesse, aux dispositifs d'assistance mécanique.

Ces remarques ont été évoquées avec l'équipe d'expérimentation. Elles posent un problème de méthode dans le déroulement du processus d'innovation. L'objet expérimenté est en effet un outil traditionnel sur lequel sont venues se greffer des fonctions hydrauliques, sans qu'une réflexion amont ait conduit à faire ressortir les fonctions qu'il est économique (du point de vue ergonomique) de mécaniser ainsi que les solutions techniques les plus rentables (du point de vue investissement).



D'où la nécessité d'une démarche de type analyse fonctionnelle qui aurait anticipé les problèmes constatés sur le chantier. Cependant, l'expérimentation aura contribué à pointer les domaines d'amélioration les plus importants pour de futurs développements.

Ces points sont les suivants (tableaux ci-après) :

POINTS TECHNIQUES	
Constats	Suggestions de solution
<p>Les connexions/déconnexions des coupleurs hydrauliques sont restées problématiques. Le recours à divers « outils » disponibles sur le chantier (chiffon, marteau, fer à béton) a permis de faire face de manière pragmatique aux problèmes occasionnés par ces composants</p>	<p>Supprimer la nécessité de connexion/déconnexion en intégrant l'hydraulique sur la banche La limitation des fonctions assistées hydrauliquement devrait conduire à réduire les dimensions des centrales</p>
<p>La manutention des groupes hydrauliques est problématique. Leur encombrement, leurs poids, leur conception (place de l'enrouleur, visibilité du niveau d'huile, diamètre des roues) sont autant de handicaps à une mise en évidence du potentiel de performance des banches hydrauliques</p>	<p>Diverses améliorations ont été évoquées (groupes accrochés ou accrochables aux banches, groupe plus puissant servant à plusieurs banches) Ce problème est à considérer dans le cadre d'une vue d'ensemble du produit (en particulier en tenant compte du point précédent)</p>
<p>Les portiques, bien qu'améliorés (raccourcis) entre le premier prototype et l'outil utilisé sur chantier, présentent trop de souplesse mécanique. Cette flexibilité nuit à l'efficacité de la commande d'ouverture/fermeture: le parallélisme des deux panneaux en souffre</p>	<p>Analyser le problème de l'ouverture/fermeture des banches conjointement avec le problème du serrage. Une conséquence de ce type de réflexion est d'optimiser le nombre de vérins (actuellement au nombre de 33 sur un train de 4,8 mètres de long)</p>
<p>Les conséquences de l'insuffisance de maintien du serrage des banches ont été mal vécues par le chantier. Ces incidents sont survenus au début du chantier (rez-de-chaussée), engendrant la disparition d'espoirs entr'aperçus de réalisation par une assistance mécanique d'une fonction réputée (et confirmée) pénible</p>	<p>Fiabiliser les dispositifs de serrage</p>
<p>L'assemblage des banches entre elles est également problématique. Si l'accouplement s'effectue sans trop de difficultés, le désaccouplement nécessite du temps, de l'énergie et de la patience.</p>	<p>Revenir à un dispositif manuel?</p>

POINTS D'ORGANISATION	
Constats	Suggestion de solution
L'introduction de la banche BH 3000 a occasionné une certaine perturbation (« perte de repères ») chez les compagnons. Les compagnons ayant suivi le stage de formation au Gemro ont servi de relais efficaces à leurs collègues. L'intervention de la société Sateco sur le chantier a permis de conforter l'appropriation de ce nouveau matériel par les compagnons	Favoriser les remontées d'expérience des compagnons suite à l'expérimentation
La déconnexion des circuits hydrauliques des deux panneaux en vis-à-vis a induit, pendant les phases de réglage, des problèmes de communication entre les compagnons situés de part et d'autre de la banche. Une communication codée par coups de marteau a, semble-t-il, résolu le problème	Intégrer ces acquis dans la conception des futures banches (regrouper les commandes sur un seul panneau?)
Bien qu'imaginée avant expérimentation sur le chantier, la suppression de la barre à mine n'est pas d'actualité. Cet outil se révèle indispensable d'une part pour aider l'exécution des fonctions hydrauliques, d'autre part pour exécuter des fonctions que l'hydraulique ne peut pas effectuer (calage de la banche sur le « bleu »)	Faciliter son utilisation (rangement de la barre dans un fourreau intégré à la banche? Intégration de points d'appuis sécurisés dans la banche?)
Des solutions imaginées par le fabricant pour régler certains problèmes se sont révélés en décalage par rapport aux modes d'appropriation par le chantier (par exemple la procédure, pour faire baisser la pression dans les flexibles, proposait d'utiliser deux « clefs de 19 ». La solution chantier a consisté à appuyer sur la bille du clapet avec un fer à béton)	Prendre en compte ce problème dans la conception globale du dispositif hydraulique

Malgré des déboires relatifs au caractère prototype de la banche, l'expérimentation a permis d'apporter des éléments concrets sur les performances potentielles des banches BH 3000. Une démarche de type « analyse fonctionnelle » permettrait de donner une bonne assise à de futurs développements. Elle conduirait sans doute à associer certaines fonctions, avec pour conséquence une simplification du dispositif d'assistance. Par contre, l'aide hydraulique ne peut être généralisée: elle coûte cher et n'est pas indispensable pour toutes les fonctions. Elle peut même s'avérer pénalisante pour certaines fonctions de base. Le futur outil associera ainsi probablement diverses ressources résultant du travail d'analyse à accomplir à partir de cette REX.

Par ailleurs, l'opération expérimentale n'aura pas permis d'entreprendre une évaluation autre que qualitative quant aux potentialités d'améliorations organisationnelles liées à l'introduction d'une banche assistée sur le chantier. Avant de poursuivre, des simulations (même basées sur les données non fiabilisées de la REX) devraient permettre de préciser les ordres de grandeur de ce qui peut être escompté quantitativement. L'évaluation de la rentabilité du futur outil nécessitera ce type d'investigation.

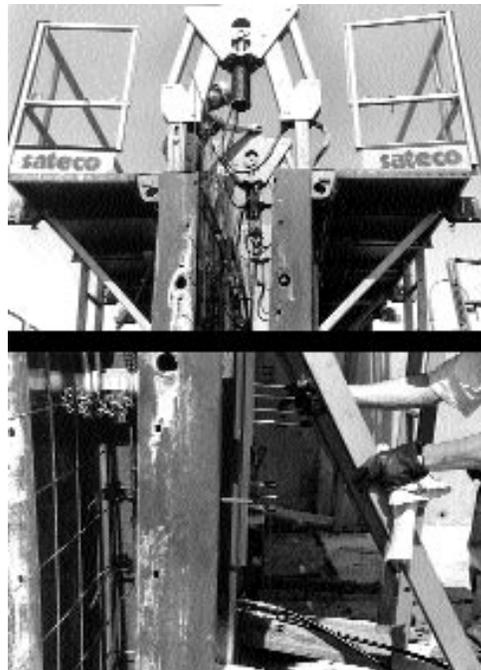


ANNEXES

De l'hydraulique pour assister la banche

Article extrait du journal
« Chantiers 2000 »
numéro 6 - Avril 1997

De par son rôle essentiel dans la production d'ouvrages en béton, la banche fait l'objet d'améliorations concernant plusieurs aspects. D'abord organisationnel: la grue est encore systématiquement mobilisée pour les opérations d'ouverture et de fermeture des banches. Conditions de travail: les tâches d'assemblage des portiques sont pénibles et non sans danger pour le coffreur; la barre à mine reste le recours le plus efficace pour assurer le réglage de la banche. Usure des pièces mécaniques, telles les vis écrous, très sollicitées par le marteau avec toutes les nuisances sonores et l'entretien fréquent du matériel qui en découlent. C'est sur un chantier situé au Petit-Quevilly (40 logements PLA) que l'entreprise Quille a expérimenté une banche hydraulique (fabriquée par Sateco) destinée à remédier aux situations évoquées précédemment. Nom de baptême: BH 3000. Valeur ajoutée: la mécanisation des fonctions de base par des vérins hydrauliques.



► CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

De type container, la banche métallique BH 3000 utilise des vérins hydrauliques pour chacune de ses fonctions de base: réglage d'aplomb, réglage d'horizontalité, ouverture, fermeture, serrage des panneaux, assemblage avec les banches voisines. Un atout a priori commun à ces fonctions: l'amélioration des postures et la diminution des efforts pour les compagnons. A titre d'exemple, les béquilles assistées qui assurent le réglage de l'aplomb du voile béton et la stabilité du coffrage entre deux opérations évitent aux hommes des serrages et desserrages successifs. Ou bien les vérins de pied assurant le réglage de mise à niveau du coffrage permettent aux compagnons de travailler en position confortable.

Mais, comme le souligne Jean-Luc Salagnac (CSTB), évaluateur de la démarche, « *c'est la fonction de serrage des tiges d'entretoises qui prime par rapport aux autres fonctions de base de la banche, tant cette tâche s'avère difficile* ».

Réponse: des vérins creux qui suppriment le serrage très pénible des écrous et évitent aux compagnons de monter sur le platelage pour effectuer les serrages en position haute. Ces vérins maintiennent aussi le serrage lors de l'opération de coulage. A noter qu'un des panneaux de la banche est fixe et l'autre mobile; sur ce dernier, les deux béquilles verticales réglant l'horizontalité sont équipées de galets de roulement afin de faciliter le déplacement du panneau suivant une direction perpendiculaire aux surfaces de coffrage. La fermeture et l'ouverture de la banche étant assurés par action sur des vérins situés sur les compas. Un ensemble de distributeurs hydrauliques, permettant d'actionner les vérins, équipe chaque panneau. Un groupe électro-hydraulique, fonctionnant sur secteur, alimente en fluide sous pression les distributeurs qui sont eux-mêmes reliés aux vérins par un réseau de tuyaux souples.

► DU PROTOTYPE AU CHANTIER

Première phase de l'expérimentation : valider le matériel par des essais en atelier, la banche BH 3000 n'ayant été testée précédemment que chez le constructeur. Deux séances ont eu lieu. Peu représentatives des conditions de chantier (sol lisse et propre), ces deux sessions ont permis des améliorations techniques (rigidité mécanique, position des vérins, etc.) et de définir les modes opératoires relatifs à l'utilisation de la banche sur le chantier. En parallèle, le bureau de méthodes a engagé une réflexion pour introduire la banche dans le cycle de production selon tous les types de configuration (refends, pignons, façades). Autre axe de réflexion : la réaffectation sur d'autres tâches des temps de grue habituellement dévolus aux attentes de fermeture et d'ouverture des banches. L'entreprise a tiré profit de ces travaux pour former les compagnons.

Les premiers coulages ont mis à jour des difficultés techniques dont certaines n'ont pu être résolues lors de ce chantier. Ainsi, la conception des groupes hydrauliques, peu compatible avec les conditions de circulation sur chantier, a rendu difficile leurs déplacements. Autre problème : le désassemblage des banches qui a été long. Comme le souligne Jean-Luc Salagnac, « *le mouvement des vérins de rives et le désengagement des fourchettes de blocage nécessitaient plusieurs actions sur les deux vérins, le recours au marteau et la mobilisation de deux compagnons* ». La barre à mine est par ailleurs restée indispensable, par exemple pour caler la banche sur « le bleu ». Mais c'est la défaillance généralisée de la fonction de serrage des banches qui a le plus handicapé le chantier. Ainsi certains mannequins se sont déplacés dans les banches, nuisant ainsi à la qualité des baies. Des sur épaisseurs de voiles, jusqu'à 1 cm, ont par ailleurs été constatées. De nouveaux vérins, qui ont été réinstallés sur une seule banche, ont apporté un serrage satisfaisant.

► DES MESURES À CONFIRMER

Les quatre séries de chrono-analyse (deux sur BH 3000 ; deux sur banches traditionnelles) tendent à conclure que la banche hydraulique présente, en terme de productivité, des performances sensiblement équivalentes à une banche traditionnelle. Les mesures médicales montrent que la charge physique semble atténuée. De même pour les niveaux sonores et les postures défavorables. Toutefois, le faible échantillon étudié, ainsi que la « jeunesse » du matériel, ne permettent pas de se prononcer définitivement. Par ailleurs, « *une analyse fonctionnelle de la banche permettrait de donner une bonne assise aux futurs développements. Elle permettrait de hiérarchiser les fonctions d'assistance et sans doute à en associer certaines, avec pour conséquence une simplification du dispositif* » remarque Jean-Luc Salagnac. Mais, comme le soulignent les compagnons de ce chantier, c'est la fonction d'assistance de serrage qui devra faire l'objet de tous les soins : elle apporte en effet un gain de confort de travail significatif. Enfin, les périodes d'ouverture et de fermeture des banches hydrauliques sollicitent effectivement moins la grue qu'en solution traditionnelle. L'évaluation et la valorisation de ce temps restent encore à entreprendre...

« L'interchangeabilité de certains organes de la banche est certainement une solution d'avenir? »

Interview extraite du journal
« Chantiers 2000 »
numéro 6 - Avril 1997

Thierry BRAUD est ingénieur chez Sateco fabricant du coffrage BH 3000. Il estime qu'un allègement du dispositif hydraulique amènerait autant d'efficacité en terme de productivité et permettrait de diminuer le coût de la banche. Même si l'avenir passe par des banches mixtes, mécaniques et hydrauliques.

► **CHANTIERS 2000** : *L'assistance hydraulique de la BH 3000 concerne toutes les fonctions de base d'une banche. Pourquoi n'avoir pas hiérarchisé ces fonctions afin de vous concentrer sur les plus essentielles, comme le serrage?*

T.B. : Nous souhaitons concevoir un produit complètement autonome. Nous aurions pu travailler sur des axes plus restreints et plus simples, comme le serrage des tiges, mais nous désirions nous orienter vers un produit ne nécessitant aucune opération manuelle. A posteriori, nous avons effectivement constaté qu'il était inutile d'automatiser certaines fonctions, comme les béquilles. Cette démarche s'inscrivait aussi dans une logique de développement de notre gamme de matériel. Tester toutes les fonctions de base sous assistance hydraulique nous a permis de réappliquer certaines solutions ultérieurement : ainsi nous disposons maintenant d'un nouveau type de banche mécanique dont le portique en M permet une fermeture manuelle sans l'apport de la grue. Un autre constat : les difficultés que nous avons rencontrées sur ce chantier sont essentiellement liées à l'hydraulique elle-même et non aux fonctions propres des vérins. Si ces problèmes sont faciles à résoudre, ils nous ont néanmoins énormément pénalisé sur cette expérimentation. Par exemple, les fuites, les coupures de tuyaux ou un mauvais système de connections ont fait perdre du temps aux compagnons et ont peut-être minimisé leur intérêt par rapport au produit.

► **CHANTIERS 2000** : *Sachant que le surcoût de la banche hydraulique est de 50 %, quels sont les arguments qui plaident en faveur de son utilisation?*

T.B. : Grâce à la motorisation des portiques, la grue n'est plus mobilisée lors des opérations de rapprochement et d'écartement de la banche. Il reste à l'entreprise à déterminer de quelle manière elle envisage de réaffecter les plages de disponibilité de la grue. Mais nous avons constaté sur cette opération que la grue était inactive sur plusieurs périodes qui, cumulées, sont de l'ordre du quart d'heure par jour. A noter aussi que cette motorisation évite aux compagnons de monter sur le platelage pour accrocher les élingues nécessaires à la manutention. Second point :

un gain de productivité et une moindre pénibilité lors de l'opération de serrage. Cette fonction essentielle met en action quatre vérins qui permettent le serrage des tiges d'entretoises, en une seule phase, par l'intermédiaire d'une commande automatisée. Conséquence : un gain de temps et de pénibilité par rapport à une banche traditionnelle qui nécessite de monter sur le platelage pour effectuer les serrages en position haute. Enfin, la fermeture des banches s'effectue une à deux heures plus tôt qu'avec un matériel traditionnel. Généralement cette opération, qui s'effectue en fin de journée avant le coulage du béton, est souvent génératrice de stress et d'heures supplémentaires. L'autonomie de la banche vis-à-vis de la grue a permis aux compagnons de toujours être « dans les temps » par rapport à l'arrivée du béton.

► **CHANTIERS 2000** : *Quels sont les points d'amélioration sur cette banche?*

T.B. : L'optimisation principale concerne les vérins de serrage des tiges qui n'ont pas fonctionné correctement sur cette opération. Lors de la conception, nous avons prévu un vérin horizontal qui se situait dans le même axe que la tige d'entretoise. Et malgré le clapet anti-retour, le maintien du serrage de la banche s'est révélé insuffisant du fait de la pression de huit à dix tonnes exercée sur chaque vérin lors de la poussée. La solution mise au point sur une nouvelle banche consiste en un vérin hydraulique à orientation verticale, la tige s'enfilant toujours à l'horizontal, qui permet par un système de coins de ramener les efforts de pression à quatre ou cinq tonnes. Autre avantage : ce vérin, contrairement à l'opération expérimentale, est standard et ne coûte pas cher. Nous avons par contre supprimé les vérins commandant la motorisation des béquilles pour le réglage de l'aplomb qui ne présentent pas de valeur ajoutée en terme de gain de temps pour le coffreur. Le déplacement du groupe hydraulique sur le chantier a posé des difficultés du fait d'un réservoir d'huile de capacité importante, donc plus lourd. Mais un réservoir d'un litre par exemple aurait induit une autonomie de la banche moindre. Toutefois, l'ergonomie de ce groupe hydraulique reste encore un point sur lequel nous devons travailler.

► **CHANTIERS 2000** : *Une banche hydraulique automatique simplifiée est-elle envisageable ?*

T.B. : Certainement. L'allégement du dispositif d'assistance conduirait à garder les fonctions essentielles, comme le serrage, sans nuire à l'efficacité productive ; cela conduirait aussi à en abaisser le coût. Toutefois, la difficulté à laquelle nous sommes confrontés est de trouver un entrepreneur qui teste ce matériel sur le chantier. Nous investissons en phase préalable, mais la nécessité d'un relais, par le biais d'une entreprise structurée, est indispensable. D'abord du point de vue technique, ensuite du point de vue méthodes, notamment lorsqu'il s'agit d'évaluer les répercussions de l'autonomie du matériel sur les cycles de grue et sur l'organisation du chantier qui en découle. Nous sommes très dépendants de l'entreprise dans la diffusion de l'innovation sur le chantier.

► **CHANTIERS 2000** : *Sur quels axes de développement travaillez-vous actuellement ?*

T.B. : De manière plus globale, les axes de développement ne s'inscriront pas dans une banche tout hydraulique, mais plutôt sur une banche mécanique avec des options hydrauliques manuelles. L'interchangeabilité de certains organes de la banche est certainement une solution d'avenir. Le serrage des tiges par une fonction hydraulique manuelle, agissant sur l'ensemble de la banche, constituant la piste de travail la plus prometteuse. De même, les accessoires se situant à la périphérie de la banche et qui influent sur les temps de manutention et de mise en place font l'objet de recherches. Nous avons aussi développé un coffrage courbe dont l'assistance hydraulique permet de modifier instantanément le rayon de courbure.