QUALITY CONTROL IN THE MANUFACTURE OF CONCRETE PAVING BLOCKS

by A. SANCHEZ

Chief of the Civil Engineering Section, Quality Depart,
CERIB - BP 59 - F 28230 EPERNON

JMMARY

he internal control relative to the NF Mark CONCRETE PAVING BLOCKS ensures that the products are i onformity with the French Standard NF P 98.303 "Concrete Paving Blocks".

he visualization of the strength level of the products is done with the help of the acceptance contro hart, with the aim of reaching an economical optimum. This can be achieved without risk if th roduction is regular.

n the first part, the author explains how the different dispersion factors can be evaluated. Thi eads to the definition of quality indicators, which help the producers to ensure a better control o he manufacturing process.

he second part shows the functioning of the acceptance control chart, established by th anufacturers. The chart responds to the double criterion of quality-cost of production.

RESUME

Le contrôle interne de la marque NF PAVES EN BETON permet de garantir la conformité des produits à l norme NF P 98.303 "Pavés en béton".

La visualisation du niveau de résistance des productions se fait à l'aide de la carte de contrôl d'acceptation, l'objectif étant de viser l'optimum économique. Ceci est possible sans risque si l production est régulière.

Dans un premier temps, l'auteur expose comment il est formulé une appréciation des différentes origine de dispersion. Ceci aboutit à la définition d'indicateurs qualité et ces indicateurs aident ainsi le producteurs à mieux maitriser le processus de fabrication.

La deuxième partie du rapport montre le mécanisme de fonctionnement de la carte de contrôl d'acceptation établie par les producteurs. Elle répond à la double nécessité qualité-coût d fabrication.

0 - INTRODUCTION

Il est important pour un industriel de connaître les points faibles de son outil de production car ceux-ci se répercutent sur la qualité des produits finis.

Le contrôle interne effectué dans le cadre de certificats de qualification de l'industrie du béton (marque NF - Qualif-IB - Agrément SP) permet de garantir la conformité des produits en rapport avec un texte de référence et de visualiser le niveau de qualité des productions par l'usage de méthodes statistiques, l'objectif étant de viser l'optimum économique. Ceci n'est possible sans risque de dépasser le pourcentage admis de produits défectueux (en général 5 % des produits vendus) que si la production est régulière. Cette régularité dépend de plusieurs facteurs de dispersion liés aux matières premières et aux matériels de fabrication.

Par l'étude de la variabilité des productions partir des résultats du contrôle inter (résistance mécanique) de plusieurs usines s une longue période, il est possible de formul une appréciation sur les valeurs des différen paramètres de calcul (indicateurs de la qualit et par voie de conséquence des origines d dispersions.

1 - PARAMETRES CARACTERISTIQUES DES DISTRIBUTIO

1.1 - CAUSES DE NON QUALITE

Chaque étape liée à la confection des pavés béton est facteur de dispersion. Les causes cette dispersion se trouvent dans la nature matières premières, le fonctionnement matériels, leur entretien, leur usure.

Nous pouvons citer par exemple, au niveau des matières premières, la granularité, la teneur en eau, la propreté du sable ; au niveau de la presse, la vibration, l'usure des moules, le réglage du pilon, le remplissage.

Il apparaît que les causes de dispersion sont diverses et ont des effets plus ou moins importants sur la qualité finale des produits.

Globalement, nous pouvons classer les causes de non qualité en deux grandes familles :

- les paramètres "machine",
- les paramètres "béton et réglages".

1.2 - LOIS DE DISTRIBUTION (résistance mécanique)

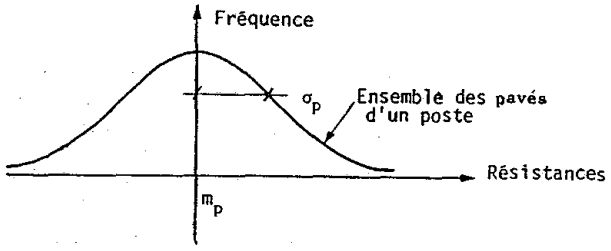
1.2.1 - Le poste

Dans les conditions normales de fabrication, le poste peut être assimilé à un lot homogène de production de pavés. En effet :

- la succession et la similitude des opérations sur la presse pendant la durée d'un poste (même personnel, même moule),
- la continuité des approvisionnements et la régularité surveillée du béton frais,

conduisent à penser qu'il est raisonnable d'avancer l'hypothèse que le poste constitue un lot représentatif d'un même niveau de qualité au facteur près de dispersion limité mais inévitable.

De ce fait, la production d'un poste présente un caractère de continuité permettant d'assimiler la distribution de l'ensemble des résistances d'un poste à une loi normale.



La normalité de la production est alors décrite par deux paramètres, à savoir :

- la moyenne "m_p" (niveau de résistance du poste),
- l'écart-type "σ_p" (dispersion des résultats autour de la moyenne).

Les valeurs de "m_p" et de "σ_p" ne peuvent être connues car elles représentent l'ensemble des pavés fabriqués sur le poste ; l'essai de résistance mécanique des pavés décrit dans la norme NF P 98.303 étant un essai destructif, seule une estimation de ces deux paramètres peut en être donnée à partir de l'échantillon prélevé sur le poste.

- $\overline{xp}$: moyenne de l'échantillon
- sp : écart-type de l'échantillon

Les relations qui donnent les valeurs estimations de $\overline{xp}$ et de sp sont les suivant

$$\overline{xp} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} x_{ip}}{np}$$

$$sp = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_p} (x_{ip} - \overline{x}_p)^2}{n_p - 1}}$$

avec

n_p : taille de l'échantillon

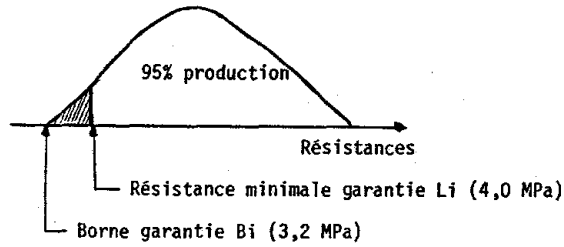
x_{ip} : résultat individuel de la résistance

La norme NF P 98.303, définit la résistance rupture par fendage exigible dans les t suivants :

Les pavés doivent présenter une résistance rupture par fendage d'au moins 4,0 MPa po fractile 0,05.

De plus, aucun résultat individuel ne doit inférieur à 3,2 MPa.

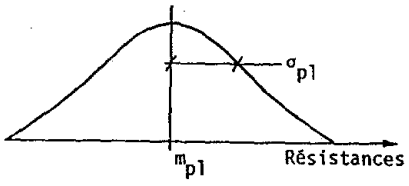
Autrement dit pour être conforme à la norme moins 95 % des produits vendus doivent prés une résistance supérieure ou égale à Li et résultat individuel ne doit être infé à 0,8 x Li.



1.2.2 - La planche

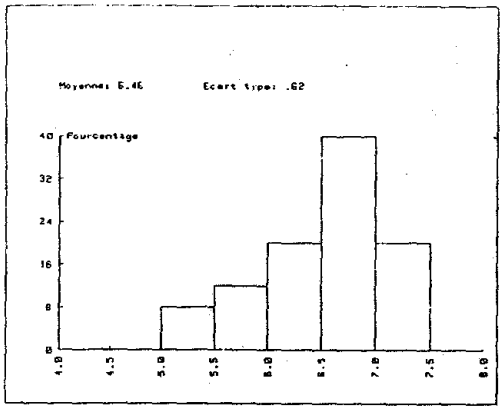
La planche correspond à une opératio fabrication (il existe des presses fix simple ou à double planches). Nous avon précédemment qu'une dispersion regroupant paramètres "machine" et les paramètres "bét réglages" est inévitable. En particuli niveau de la planche, la répartition d vibration n'est pas homogène, ainsi qu remplissage du béton dans le moule. De ce les valeurs de résistance mécanique des d'une planche présentent une dispersion.

La loi de distribution des valeurs de résis mécanique sur la planche est assimilable loi normale bornée où il apparaît qu dispersion est d'autant plus grande qu nombre (n_{pl}) de pavés sur la planche important.



Comme précédemment, la normalité est décrite par deux paramètres, à savoir :

- la moyenne "m_{pl}" (niveau de résistance de la planche)
- l'écart-type "σ_{pl}" (dispersion des résultats autour de la moyenne)



EXEMPLE DE DISTRIBUTION DES RESISTANCES A LA RUPTURE SUR LA PLANCHE

Pavés autobloquants - Epaisseur 6cm - $n_{pl} = 25$

Une analyse des productions de pavés titulaires de la marque NF fait ressortir que le nombre de pavés fabriqués par planche tous modèles et épaisseurs confondus, varie de 16 à 90. En général, les dimensions des planches sont de 0,60 x 1,20 m.

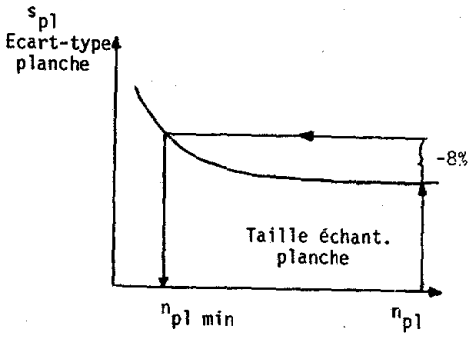
Il n'est pas envisageable pour des raisons économiques de tester à la rupture l'ensemble des pavés d'une planche.

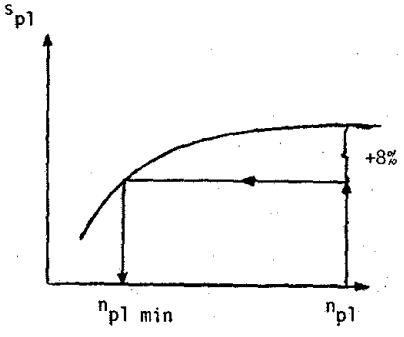
Sur un échantillon représentatif des usines titulaires de la marque NF, il a été étudié sur plusieurs postes de production, l'influence de la taille de l'échantillon prélevé sur la planche (n_{pl}) vis à vis de s_{pl} (écart-type planche de l'échantillon).

Nous avons procédé de la façon suivante : pour chaque usine et poste de production, il a été calculé spl correspondant aux résultats obtenus sur tous les pavés prélevés (fréquence de prélèvement de la marque NF).

Il est enlevé trois résultats au hasard, recalculé l'écart-type planche et ainsi de suite.

En fonction de la dispersion propre à cha journée de production, l'allure de la cou $s_{pl} = f(n_{pl})$ peut prendre les deux aspe suivants :





Dans les deux cas de courbe, à partir certain nombres de pavés, il y a stabilisa de l'écart-type planche ; il a été consi le nombre minimal de pavés correspondant début de la stabilisation, celui donné par écart de ± 8 % sur s pl. Cet écart corres à l'erreur moyenne sur l'écart-type liée mode opératoire de rupture.

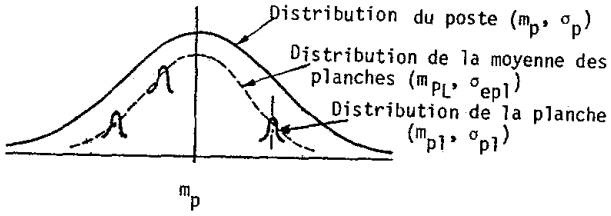
Cette analyse nous amène à formuler proposition suivante sur la taille minimal l'échantillon représentatif de la planche.

Nbre pavés fabriqués par planche	Taille minimale de l'échantil ($n_{pl\ min}$)
(20	6
20 à 35	7
36 à 50	9
) 50	11

1.3 - RELATION ENTRE LES PARAMETRES CARACTE TIQUES DES DISTRIBUTIONS DU POSTE ET DE LA PLANCHE

Nous avons établi précédemment que distribution des résistances à la ruptur fendage des pavés d'un poste est assimila une loi normale.

En fait la production de pavés d'un poste résulte d'une succession de planches de moyenne différente et de dispersion voisine.



MODELE DE DISPERSION D'UN POSTE

Nous pouvons considérer que la variabilité du poste résulte de la superposition de la variabilité "planche" et de la variabilité "entre planches" ; la variabilité "planche" étant liée aux facteurs machine et la variabilité "entre planche" aux facteurs béton et réglages.

$$\sigma^2 \text{ poste} = \sigma^2 \text{ pl} + \sigma^2 \text{ epl} \qquad (1)$$

σ pl : écart-type planche

σ epl : écart-type entre planches

Les facteurs de dispersion sont les suivants :

a) FACTEUR DE DISPERSION MACHINE

- homogénéité du remplissage de la trémie et du tiroir,
- homogénéité du remplissage du moule (lié au remplissage du tiroir),
- répartition de la vibration sur la planche,
- bridage du moule,
- niveau de qualité des planches.

b) FACTEURS DE DISPERSION BETON ET REGLAGES

- variation de la qualité du béton frais entre gâchées (matières premières - teneur en eau - malaxage),
- ségrégation du béton frais au transport et au déversement,
- variation des réglages de la machine,
- variation de l'état des planches.

Cette décomposition de la variabilité du poste permet de déterminer la part de dispersion liée aux facteurs machine et aux facteurs béton et réglages.

Une première approche résultant de l'analyse des résultats de contrôle interne sur l'année 1986, de 13 usines titulaires de la marque NF Pavés en béton (voir § 2.1.1) fait ressortir que le pourcentage de dispersion lié aux facteurs machine représente en moyenne 76 % de la dispersion du poste.

Ceci met en évidence l'importance de la [illegible] pour atteindre une qualité régulière. Da[illegible] cadre de cette même analyse, nous avons ét[illegible] relation entre la dispersion poste (s_p) [illegible] dispersion planche (s_{pl}).

Cette relation est de type linéaire (voir f[illegible] 1) ; elle est donnée par l'équation suivant

$$s_{\text{poste}} \text{ (MPa)} = s_{\text{planche}} \text{ (MPa)} + 0{,}04$$

Equation obtenue d'après les résultat[illegible] contrôle interne sur l'année 1986 de 17[illegible]1 de production, (13 usines titulaires d[illegible] marque NF) tous modèles confondus d'épai[illegible] 6 cm.

1.4 - RELATION ENTRE LES PARAMETRES CARACTERISTIQUES DES DISTRIBUTIONS DE LA PERIODE ET DU POSTE

Par l'application du même raisonnement précédemment, nous pouvons considérer qu[illegible] variabilité de la période résulte d[illegible] combinaison de la variabilité "poste" et [illegible] variabilité "entre postes". Ceci se traduit la relation suivante :

$$\sigma^2 \text{ période} = \sigma^2 \text{ poste} + \sigma^2 \text{ entre postes}$$

D'après la relation (1) nous avons :

σ^2 période = σ^2 pl + σ^2 epl + σ^2 entre poste

appelons : σ^2 moyen = σ^2 epl + σ^2 entre pos[illegible]

Compte tenu que les facteurs machine ne va[illegible] pas au niveau des postes, les seuls param[illegible] de dispersion entre postes sont les fac[illegible] béton et réglages ; de ce fait, nous avons :

σ^2 epl $\sim$ σ^2 entre postes et

σ^2 moyen = 2 σ^2 entre postes

il vient donc d'après la relation (3) que :

$$\sigma \text{ poste} = \sqrt{\sigma^2 \text{ période} - \frac{\sigma^2 \text{ moyen}}{2}}$$

σ^2 moyen est l'écart-type des moyennes différentes planches testées sur la pé[illegible] considérée.

σ poste est estimé par s poste.

$$s_{\text{poste}} \text{ (MPa)} = \sqrt{s^2_{\text{période}} \text{ (MPa)} - \frac{s^2_{\text{moyen}}}{2} \text{ (MPa)}}$$

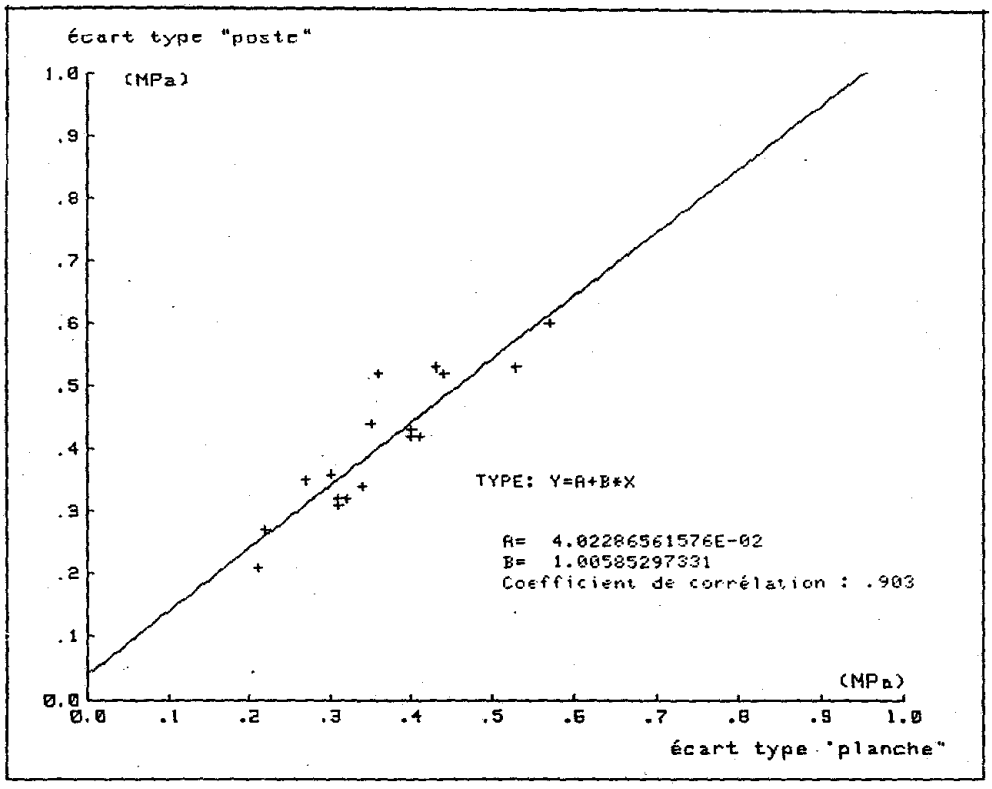
s période : estimation de l'écart-type péri[illegible]
s moyen : estimation de l'écart-type [illegible] moyennes des planches testées sur la pé[illegible] considérée

En première approche, il peut être égal[illegible] déterminé s poste à partir de s périod[illegible] combinant les égalités (1), (2) et (3).

FIGURE 1

RELATION ENTRE L'ECART-TYPE POSTE ET L'ECART-TYPE PLANCHE

Modèles autobloquant et classique, épaisseur 6 cm



COORDONNEES DES POINTS ENTRES

Ceci revient à résoudre l'équation suivante :

s^2 poste+0,08 s poste-(s^2 période+0,0016) = 0

d'où :

$$s_{poste\ (MPa)} = \sqrt{s^2_{période\ (MPa)} + 0{,}0032} - 0{,}04 \qquad (6)$$

Comparaison des deux relations (5) et (6) permettant la détermination de s poste

Sur les 17 lignes de production étudiées, la valeur moyenne de s poste est :

RELATION (5) :

Pavés autobloquants : $\bar{s}$ poste = 0,41 MPa

Pavés classiques : $\bar{s}$ poste = 0,40 MPa

RELATION (6) :

Pavés autobloquants : $\bar{s}$ poste = 0,45 MPa

Pavés classiques : $\bar{s}$ poste = 0,42 MPa

Le détail des écarts relevés, est le suivant

Ecart = s poste (6) - s poste (5)

	Lignes de production	Pavés autobloquants Ecarts (MPa) (+)	Pavés autobloquants Ecarts (MPa) (-)	Pavés classiques Ecarts (MPa) (+)	Pavés classiques Ecarts (MPa) (-)
(*)	1	0,08	/		
	2	/	0,02		
(*)	3	0,11	/		
	4	0,04	/		
(*)	5	0,08	/		
	6	/	0,01		
	7	0,01	/		
	8	0,04	/		
	9	0,05	/		
	10			0,05	/
	11			/	0,02
	12			/	0,02
	13			0,03	/
	14			/	0,01
	15			0,06	/
	16			/	0,01
	17			0,03	/
	Moyenne	+ 0,06	- 0,01	+ 0,04	- 0,01

(*) Il est à noter que les écarts les plus i apparaissent lorsque s période est élevé (voir § les indicateurs de qualité).

Compte tenu de ces constatations, il est envisageable d'utiliser la relation (6) pour la détermination de s poste, en limitant toutefois la valeur maximale de s période à la valeur préconisée au § 2.1.4 sur les indicateurs de qualité, suivant le modèle de pavés.

L'intérêt d'utiliser la relation (6) est qu'elle se présente sous une forme plus simple, permettant un gain de temps pour la détermination de s poste.

2 - EVALUATION DES FACTEURS DE DISPERSION ET DU NIVEAU DE QUALITE DES PAVES

2.1 - ETABLISSEMENT DES INDICATEURS DE QUALITE

(base résistance à la rupture par fendage)

2.1.1 - Population de référence

L'étude a porté sur 13 usines titulaires de la marque NF Pavés en béton, réparties sur le territoire national et équipées de machines les plus utilisées.

Parmi les types de pavés titulaires de la marque NF il a été retenu par modèle (autobloquant ou classique) celui qui est le plus fabriqué dans l'épaisseur 6 cm.

L'analyse a porté sur les résultats de contrôle interne de l'année 1986 (période de production variable). Le nombre de journées de production par firme varie de 6 à 79, ce qui correspond à un échantillon total de 2 663 résultats d'essais de rupture par fendage.

TABLEAU RECAPITULATIF

USINE N°	MODELES DE PAVES		AGE DES PAVES (jours)*	TYPE DE MACHINE
	Autobloquant	Classique		
1	X		21	Brouiller K M H 9
2	X		14	Balbinot 1 401
3	X		7	Pierre et Bertrand Δ 3 000
4	X	X	14	Demler 130
5	X		21	Demler 130
6	X	X	14	Balbinot 140
7	X	X	14	Jeeger - Sprint
8	X		14	SODEEM - Harmonie n° 32
9	X	X	14	Demler 425
10		X	21	Minato 136 SP
11		X	21	Schlosser PFA
12		X	14	Omag
13		X	28	Omag

(*) correspond à l'âge des pavés lors de l'essai de rupture (délai de garantie)

Dans le cadre du contrôle interne il est prélevé par poste et à des heures variées, un échantillon de pavés d'une même planche (1 pour 000 fabriqués). Il n'a été retenu que l'échantillon satisfaisant aux valeurs définies au § 1.2.2 (échantillon représentatif de la planche).

Par firme, l'âge des pavés au moment de l'ess de rupture par fendage est constant, cet â varie de 7 à 28 jours.

2.1.2 - Exploitation des résultats d'essais de résistance à la rupture par fendage

Pour apprécier la qualité et les origines d dispersions, il a été déterminé sur la base d résultats du contrôle interne de chaque usin les paramètres suivants :

a) PERIODE

- la moyenne des résultats d'essais sur période de production considérée ($\bar{T}$ période)
- l'écart-type des résultats d'essais sur période considérée (s période),
- l'écart-type des valeurs des résistanc moyennes des différentes planches (s moyenne Dans certains cas, il a été apporté u correction sur les valeurs de s moyenne fonction du nombre de planches étudiées.

b) POSTE

- l'écart-type poste (s poste) en utilisant relation :

$$s\ poste = \sqrt{s^2\ période - 1/2\ s^2\ moyenne} \quad (5)$$

c) PLANCHE (dispersion machine)

- l'écart-type de la planche (s planche) l'écart-type planche est la moyenne d valeurs des écarts-types après correction d différentes planches,
- l'étendue planche ; l'étendue planche est moyenne des valeurs des étendues d différentes planches,
- la stabilité de l'étendue planche ; il s'ag d'un test de comparaison des étendues (test Bliss - Cochran). Si nous désignons par W ma la plus forte valeur des étendues Wi des planches étudiées, la fonction discriminan est définie par la formule :

$$g = \frac{W\ maxi}{\sum_{i=1}^{P} Wi}$$

Une inégalité entre les dispersions entraîna une augmentation de la fonction discriminant pour un risque α choisi (α = 0,05), le domai de refus est situé entièrement à droite de limite supérieure $A_{1-\alpha}$.

Le degré de stabilité est exprimé par rapport :

$$\frac{g}{A} \times 100$$

ENTRE PLANCHES (dispersion béton et réglages)

L'écart-type entre planches (s entre planches) ; cet écart-type est donné par la relation :

$$s_{\text{entre planches}} = \sqrt{s^2_{\text{poste}} - s^2_{\text{planche}}}$$

L'étendue entre planches ; l'étendue entre planche est l'étendue des résistances moyennes des différentes planches.

e) RESISTANCE GARANTIE POUR LE FRACTILE 0,05

$$T_{\text{garantie}} = \overline{T}_{\text{période}} - 1{,}84 \times s_{\text{poste}}$$

T : résistance à la rupture par fendage (MPa).

Le coefficient 1,84 est donné par la norme NF X 06.032 dans le cas d'un intervalle statistique de dispersion unilatéral sur une population dont la moyenne est inconnue et l'écart-type connu (n = 70 ; p = 0,95). Il est pris comme référence pour la taille minimale de l'échantillon un prélèvement sur 10 planches de 7 pavés par planche.

f) RESISTANCE OPTIMALE A VISER

$$\overline{T}_{\text{optimale (à viser)}} = 4{,}0 + 1{,}84 \times s_{\text{poste}}$$

La valeur de 4,0 MPa est la résistance à la rupture par fendage pour le fractile 0,05 définie dans la norme NF P 98.303 "Pavés en béton".

g) SURQUALITE (éventuelle)

$\overline{T}$ surqualité = $\overline{T}$ période (visée) - $\overline{T}$ optimale (à viser)

2.1.3 - Indicateurs de qualité

Sur la base des résultats obtenus, il est proposé pour chaque paramètre caractéristique la plage moyenne qui correspond soit à $\pm$ 0,67 x s, soit à 50 % des résultats lorsque l'histogramme présente une allure non gaussienne.

Il est proposé également les plages extrêmes à droite et à gauche de la plage moyenne.

Ceci a abouti à la mise au point d'indicateurs de qualité pour chaque modèle de pavés (classique, autobloquant).

Ces indicateurs de qualité sont présentés ci-après.

Il apparaît que les valeurs moyennes de s poste, s planche et s entre planches sont sensiblement identiques pour les modèles de pavés étudiés.

INDICATEURS DE QUALITE

PAVES AUTOBLOQUANTS A EMBOITEMENT - EPAISSEUR 6 CM

Nombre de pavés par planche : 20 à 35

Taille minimale de l'échantillon planche : 7 pavés

ENQUETE ANNEE 1986

RESISTANCE

APPRECIATION — moyenne : bon | moyen | médiocre

. PERIODE

Moyenne (valeur visée) - (MPa)

4,2 | 4,8 | 5,1 | 5,4 | 6

Ecart-type (MPa)

0,20 | 0,35 | 0,50 | 0,65 | 0

. POSTE

Ecart-type (MPa)

0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0

. DISPERSION MACHINE (planche)

Ecart-type (MPa)

0,15 | 0,25 | 0,35 | 0,45

Degré de stabilité (%)

70 | 80 | 90 | 100

Etendue (moyenne) (MPa)

0,45 | 0,70 | 0,95 | 1,2

. DISPERSION BETON ET REGLAGES (entre planches)

Ecart-type (MPa)

0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20

Etendue entre planches (MPa)

0,5 | 0,90 | 1,30 | 1,70

INDICATEURS DE QUALITE

PAVES CLASSIQUES - EPAISSEUR 6 CM

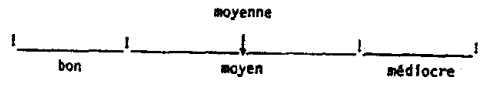
Nombre de pavés par planche : 36 à 50

Taille minimale de l'échantillon planche : 9 pavés

ENQUETE ANNEE 1986

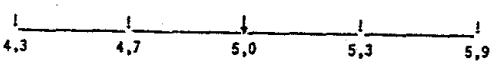
RESISTANCE

APPRECIATION

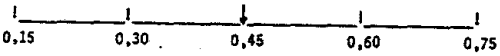


. PERIODE

Moyenne (valeur visée) - (MPa)

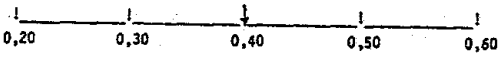


Ecart-type (MPa)



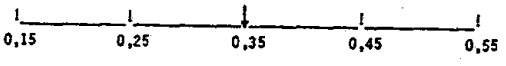
. POSTE

Ecart-type (MPa)

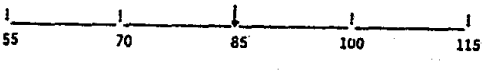


. DISPERSION MACHINE (planche)

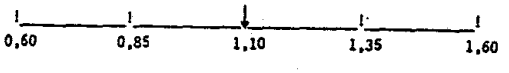
Ecart-type (MPa)



Degré de stabilité (%)

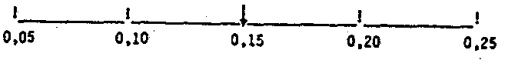


Etendue (moyenne) (MPa)

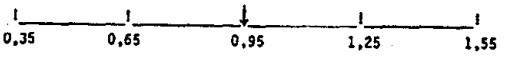


. DISPERSION BETON ET REGLAGES (entre planches)

Ecart-type (MPa)



Etendue entre planches (MPa)



2.1.4 - Proposition d'une méthode d'évaluation des facteurs de dispersion et du niveau de qualité des pavés d'épaisseur 6 cm

(méthode D.Q.P.)

La période prend en compte les 6 derniers post de fabrication d'un même modèle. Il est prélevé par poste et à des heures variables échantillon de pavés représentatif d'u planche ; soit :

- 7 pavés pour un modèle autobloquant (20 à pavés par planche),
- 9 pavés pour un modèle classique (36 à pavés par planche).

Il est ensuite effectué les essais de ruptu par fendage, au délai adopté par la firme, s l'ensemble des pavés prélevés ; à savoir pavés dans le modèle autobloquant ou 54 pav dans le modèle classique.

A partir des résultats de contrainte à rupture par fendage (T) en MPa, il est calculé

1 - ANALYSE DES FACTEURS DE DISPERSION

- la moyenne des résultats de contrainte la rupture sur la période considérée période),
- l'écart-type des résultats de contrainte la rupture sur la période considérée période),
- l'écart-type poste (s poste) en utilisa la relation (6) ; cette relation dispens du calcul de l'écart-type des valeu moyennes de résistance des différent planches qui dans notre cas, compte te du faible nombre de postes, pourrait êt faussé,
- l'écart-type planche (s planche) ; c écart-type est la moyenne des écarts-typ après correction des 6 planches.
- l'étendue planche ; cette étendue est moyenne des étendues des 6 planches,
- la stabilité de l'étendue planche ; coefficient g est égal à

$$g = \frac{W\ maxi}{\Sigma_{i=1}^{6} Wi}$$

avec Wi : étendue planche. Le coefficient est égal à :

. A = 0,288 pour le modèle autobloquant,

. A = 0,273 pour le modèle classique.

- l'écart-type entre planches (s ent planches) ; cet écart-type est donné p la relation (1),
- l'étendue entre planches ; cette étend correspond à l'étendue des résistanc moyennes des 6 planches.

Après détermination de l'ensemble des paramètres cités ci-dessus, ceux-ci sont comparés aux indicateurs de qualité. Cette comparaison fait ressortir s'il y a lieu (la ou les) dispersions importantes et leur origine sur la période considérée. Ceci permet de cerner les points sensibles sur lesquels des actions correctives, après investigations, sont à prévoir.

- ANALYSE DU NIVEAU DE QUALITE

- la résistance à la rupture par fendage garantie pour le fractile 0,05 (1) ; cette résistance est donnée par la relation :

$\overline{T}$ garantie = $\overline{T}$ période - 1,90 x s poste

Le coefficient 1,90 se déduit de la table 1 de la norme NF X 06.302 pour p = 0,95 et n = 42,

- la résistance moyenne optimale à viser ; elle est donnée par la relation :

$\overline{T}$ optimale = 4,0 + 1,90 x s poste

- la surqualité de résistance éventuelle :

$\overline{T}$ surqualité = $\overline{T}$ période (visée) - $\overline{T}$ optimale (à viser)

3 - PROPOSITION DE CARTE DE CONTROLE D'ACCEPTATION

Il a été mentionné précédemment (§ 1.2.1) que pour être conforme à la norme, au moins 95 % des produits vendus doivent présenter une résistance supérieure ou égale à 4,0 MPa et aucun résultat individuel ne doit être inférieur à 3,2 MPa (0,8 x 4,0 MPa).

La mise en application de cette règle en usine doit se faire en continu par la mise en place d'un contrôle interne permanent ; les résultats d'essais sont à analyser au niveau du poste car ceci permet à la firme de connaitre au jour le jour, comment sa production se situe et de réagir au plus tôt en cas d'anomalies.

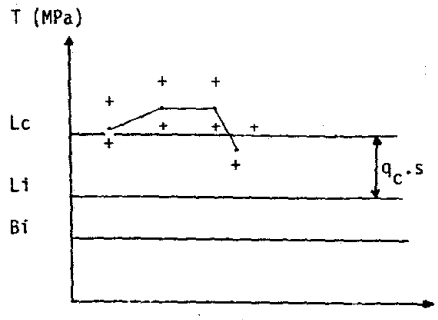
3.1 - PRINCIPES DE LA CARTE DE CONTROLE D'ACCEPTATION

Elle constitue une présentation graphique chronologique des résultats d'essais, permettant de visualiser le processus d'acceptation effectué en continu sur chaque lot de fabrication par le producteur.

(1) Cela signifie que si un grand nombre d'essais était effectué, 95 % des résultats seraient supérieurs ou égaux à cette résistance conformément à la norme NF X 06.601

La carte de contrôle comporte plusieu limites :

- Li : limite correspondant à la valeur de 4 MPa pour le fractile 0,05 (valeur résistance garantie à 95 % définie dans norme NF P 98.303),
- Bi : valeur limite égale à 3,2 MPa,
- Lc : limite de contrôle, valeur en dessous laquelle ne doit pas descendre la moyenne l'échantillon essayé.



La limite Lc est déterminée comme suit :

$Lc = Li + q_c$. s poste

s poste : estimation de l'écart-type "post dans un modèle donné,

q_c : coefficient qui tient compte de la tail de l'échantillon (n). Cet échantillon prél par poste, modèle et épaisseur est représenta d'une planche.

n	q_c
6	1,05
7	1,06
9	1,09
11	1,15

La valeur correspondant à la limite de cont par machine, modèle et épaisseur a pour d'assurer aux clients une garantie à 95 % rapport au seuil Li. La population surveill l'aide de cette carte est réputée suivre une normale.

En pratique, lorsque la moyenne de l'échanti est en dessous de cette limite, il y a 95 chance que ceci corresponde à une fabric comptant plus de 5 % de produits défectueux.

De ce fait, la carte de contrôle ser producteur à prendre les décisions de démar (après contre-essais sur échantillon do lorsque cette usine est titulaire d marque NF.

3.2 - TAILLE DE L'ECHANTILLON A PRELEVER PAR POSTE

Cet échantillon doit être représentatif de la dispersion de la planche. Compte tenu des résultats obtenus au § 1.2.2, nous proposons comme taille de l'échantillon les valeurs suivantes :

a) FABRICATION COURANTES (> 20 000 pavés/poste - modèle - épaisseur)

Nombre de pavés fabriqués par planche	Taille de l'échantillon
< 20	6
20 à 35	7
36 à 50	9
> 50	11

b) FAIBLES FABRICATIONS (⩽ 20 000 pavés/poste - modèle - épaisseur)

Le prélèvement portera sur 6 pavés. Cependant dans le cas d'une série de postes consécutifs, le prélèvement pourra être limité à un poste sur deux à partir du premier de la série.

c) Il est nécessaire de faire varier l'heure de prélèvement au niveau des différents postes, et le choix du poste dans le cas du prélèvement limité à un poste sur deux.

3.3 - DETERMINATION DE L'ESTIMATION DE L'ECART-TYPE POSTE (s poste)

3.3.1 - Estimation de l'écart-type poste sur une période

Pour la détermination de l'estimation de l'écart-type poste, il convient de disposer d'au moins 30 résultats d'essais de rupture par modèle et épaisseur sur une période donnée.

Deux cas sont à envisager :

a) s période > 0,60 MPa

Dans ce cas, il est utilisé la relation suivante :

$$s\ poste = \sqrt{s^2\ période + 0{,}0032} - 0{,}04 \quad (6)$$

Cette relation est particulièrement indiquée lorsque la production n'est pas entièrement stabilisée.

›) s période ⩽ 0,60 MPa

Dans ce cas, il est utilisé soit la relation ci-dessus, soit la relation suivante :

$$s\ poste = \sqrt{s^2\ période - \frac{s^2\ moyen}{2}} \quad (5)$$

Pour cette dernière relation, il est utile de disposer d'au moins les résultats de 10 postes si possible consécutifs, dans le même modèle et épaisseur.

3.3.2 - Estimation directe de l'écart-type du poste

Il est effectué sur plusieurs postes (au mc trois au début de l'application de ce méthode) l'essai de 15 produits répartis sur poste.

Pour chaque poste, on calcule l'écart-type (c 1.2.1). Puis il est vérifié que les valeurs sont pas dispersées (± 10 % par rapport à l moyenne arithmétique).

Si le critère de dispersion est respecté, il retenu pous s poste la moyenne arithmétique écarts-types des différents postes.

La valeur de l'estimation de l'écart-type po par modèle et épaisseur doit être actualisée moins deux fois par an.

De ce fait, la limite de contrôle fluctue da le temps ; ce système présente un intér économique dans le sens où lorsqu'une fir réduit sa dispersion (réglages, changement pièce d'usure...) elle peut envisager de rédui son coût de fabrication tout en maintenant niveau de qualité requis.

3.4 - PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE LA CARTE DE CONTROLE D'ACCEPTATION DANS LE CADRE D'UN CONTROLE CONTINU DES PRODUCTIONS DE PAVES AU NIVEAU DE LA MARQUE NF

La carte de contrôle d'acceptation est établ par poste de fabrication, type de machin modèle et épaisseur.

Il est prélevé l'échantillon défini au § 3.2, il est calculé par poste la moyenne d résultats des essais de rupture au délai fi par la firme.

Sur le graphique de la page 12, il e positionné cette valeur moyenne ($\bar{T}$) ainsi q les valeurs maximales et minimales d résistances de l'échantillon (au fur et à mesu des essais, joindre les moyennes).

Dans le cas où il y aurait une ou plusieu valeurs inférieures à la valeur limite (Bi celles-ci doivent être également reportées s le graphique.

Lorsque la production journalière est effectu sur plusieurs postes, les résultats d'essais d différents postes sont considérés comme d séries d'essais séparées, le rôle de la carte contrôle d'acceptation étant de caractéris chaque poste de fabrication.

Après report des résultats sur la carte contrôle, leur valeur est appréciée de la faç mentionnée dans le tableau page 11. Trois c peuvent être envisagées :

	Observations n° 1	Décisions n° 1	Observations n° 2	Décisions n° 2
1er cas	$\bar{T} \geqslant Lc$ et tous les $Ti \geqslant Bi$	Poste correspondant réputé conforme		
2ème cas	1 ou plusieurs $Ti < Bi$	Tri impossible : lot réputé non conforme		
		Tri possible : prélèvement double sur produits acceptés par le tri		Démarquage des produits non conformes
			$\bar{T}$ du prélèvement double $\geqslant Lc$ et tous les $Ti \geqslant Bi$	Production issue du tri réputée conforme
			$\bar{T}$ du prélèvement double $< Lc$ (ou/et) 1 ou plusieurs $Ti < Bi$	Lot entier démarqué
3ème cas	$\bar{T} < Lc$ mais aucun $Ti < Bi$	Contre essai sur nouveau prélèvement simple effectué au hasard	$\bar{T}$ des 2 prélèvements $\geqslant Lc$ et tous les $Ti \geqslant Bi$	Lot réputé conforme
			$\bar{T}$ des 2 prélèvements $< Lc$ ou/et un ou plusieurs $Ti < Bi$	Lot réputé non conforme si un tri est possible, faire un nouvel essai avec un prélèvement double du précédent sur la partie triée

3.5 - EXEMPLE D'APPLICATION EN USINE

Il est présenté une application de la carte de contrôle d'acceptation, dans une usine titulaire de la marque NF, sur un modèle autobloquant d'épaisseur 6 cm et sur une période sensiblement de 1 mois.

3.5.1 - Synthèse des résultats

Compte tenu du nombre de pavés par planche (25), il a été prélevé 7 pavés par planche. Sur la période étudiée, il a été testé un échantillon total de 133 pavés.

L'estimation de l'écart-type période (s période) est égale à 0,48 MPa (moyenne des résultats : 5,36 MPa).

Compte tenu que cette valeur est $\leqslant$ 0,60 MPa, il a été retenu la relation (5) pour la détermination de l'estimation de l'écart-type poste. Ce qui donne pour s poste une valeur de 0,38 MPa.

Limite de contrôle (Lc)

$Lc = Li + qc \times s$ poste

$Lc = 4,0 + 1,06 \times 0,38 = 4,40$ MPa

3.5.2 - Etablissement de la carte de contrôle d'acceptation

Le graphique est donné à la page 12.

4 - CONCLUSION

De nos jours, la qualité au plus juste coût fa partie des préoccupations permanentes d responsables industriels.

La mise en place de la carte de contrô d'acceptation pour le contrôle interne d productions de pavés en béton répond à de objectifs :

- garantir aux utilisateurs qu'au moins 95 % d pavés fabriqués ont une résistance supérieu ou égale à la valeur garantie (4,0 MPa),
- permettre à l'industriel d'optimiser le coup béton/machine en vue de réaliser des économi de matières premières.

Cette optimisation ne peut être efficace s risque de détérioration de la qualité des pa que si les facteurs de dispersion sont connus réduits au maximum.

Ceci met en évidence l'intérêt des indicate de qualité qui situent à une période donnée principaux paramètres (machine, béton réglages) ayant une incidence sur la qualité pavés.

De ce fait, la firme est informée des poi sensibles sur lesquels une action corrective à prévoir.

La connaissance des indicateurs de qualité également utile lors de la mise en place d nouvelle machine de fabrication afin de mes l'incidence des réglages.

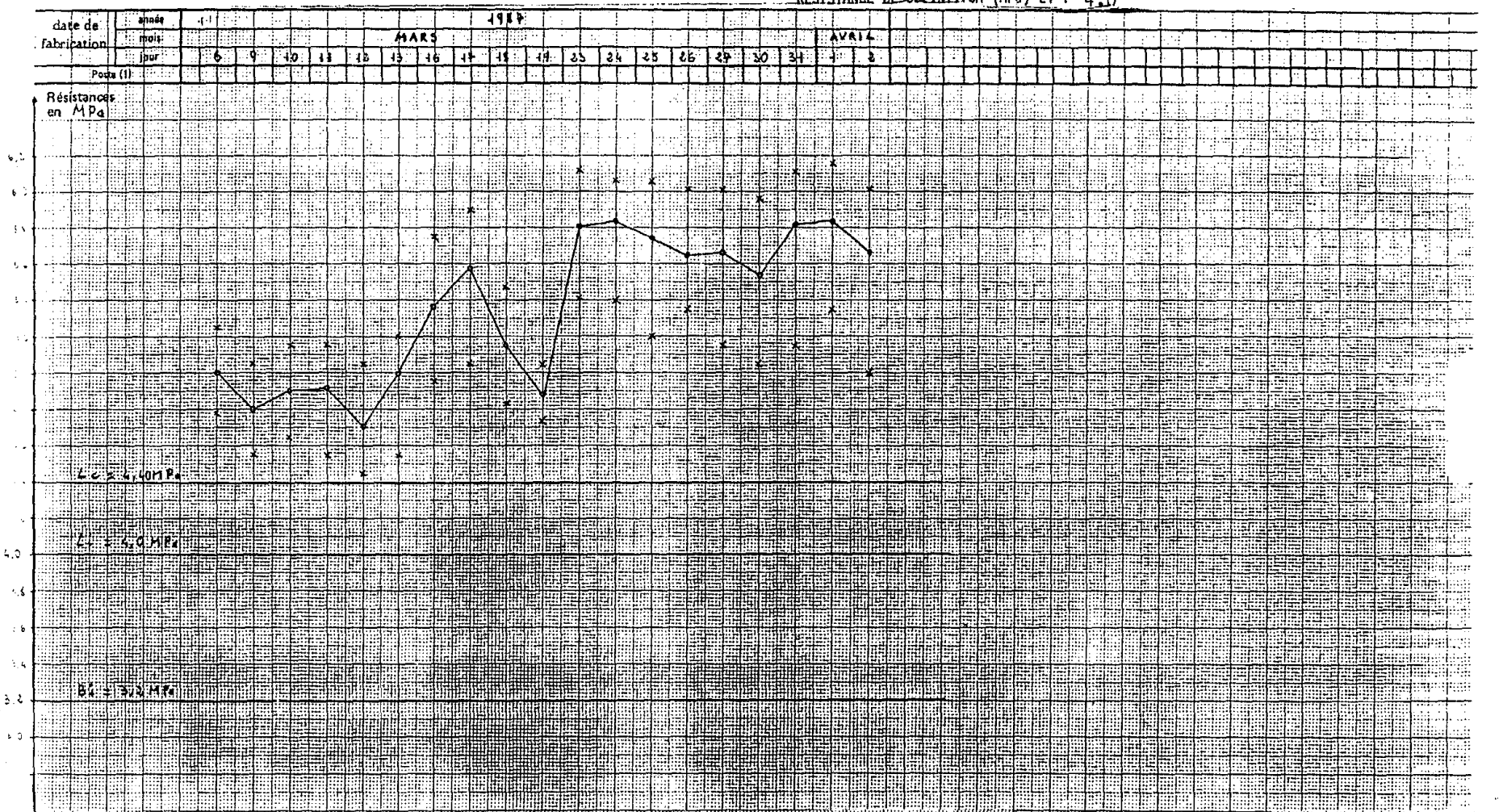
Enfin pour être utilisables, les indicat qualité doivent être régulièrement actualisé

CARTE DE CONTROLE D'ACCEPTATION DES PRODUCTIONS DE PAVES EN BETON

Société ..... / ..... NUMERO D'ATTRIBUTION DE LA MARQUE NF : / MODELE : AUTOBLOQUANT (Mod 1) TYPE MACHINE : /

usine de ..... / ..... DELAI DE GARANTIE : 28 jours EPAISSEUR : 6 cm NOMBRE DE PRODUITS PAR PLANCHE : 25

RESISTANCE DE DEFINITION (MPa) Li : 4,0



(1) Lorsque la production est effectuée en plusieurs postes, utiliser une colonne par poste et identifier les postes.

NOTA
Indiquer les contre-essais et les décisions prises suite à ces contre-essais.
Mentionner de plus, tout incident ou causes susceptibles de modifier la qualité de la production, ainsi que la date de calcul de l'écart-type, de la limite de contrôle et leur valeur.

;LIOGRAPHIE

MOIRE D'INGENIEUR

ıtribution à l'optimisation de la production
s blocs en béton - Méthode et Logiciel de
agnostic

. FAUCON - Octobre 1985

\PPORT TECHNIQUE CERIB

locs en béton -

roposition d'un plan de contrôle économique des
ésistances

h. FAUCON - F. BELLALI et M. BRUNE - Mars 1984