

par Steve Revay



J'ai souvent entendu dire, parfois même par les entrepreneurs eux-mêmes, que chaque entrepreneur se doit de prévoir, ou peut-être prévoyait effectivement dans ses

calculs et son prix de soumission, un certain pourcentage de travail additionnel sans que cela donne lieu ou requiert une compensation, que ce soit pour la durée ou pour le prix du contrat. Ce seuil magique, exprimé en termes monétaires, varie habituellement entre 5 et 10 pourcent. L'implication d'une telle allégation tout à fait invérifiable m'a toujours dérangé surtout quand elle est employée pour rejeter une réclamation valide pour les coûts d'impact.

En vérité, tout travail additionnel requiert du temps additionnel pour son exécution, bien que la relation ne soit pas nécessairement linéaire. Aussi, un changement dans

l'envergure originale des travaux réduit le rythme des opérations et rompt l'ordre du déroulement des travaux du contrat. Autrement dit, les changements auront souvent des incidences monétaires.

La détermination de ces coûts additionnels a été le sujet d'un numéro précédent du Bulletin. L'article recommandait l'emploi de la méthode différentielle de calcul des coûts, méthode de calcul dite «classique». Malheureusement, cette méthode présente des inconvénients en ce qu'elle ne peut être employée qu'une fois les travaux en question terminés et, même dans ce cas, seulement si l'on a soigneusement pris note des coûts et du progrès des travaux pendant leur exécution. La plupart des propriétaires insistent pour connaître l'incidence des modifications sur les coûts avant d'en autoriser l'exécution et sont même réticents à agir sur une base de dépenses contrôlées bien que les calculs de coûts d'impact faits après l'exécution des travaux aboutiront facilement au même résultat. Toutefois, personne jusqu'à aujourd'hui n'a tenté de trouver une solution

pratique à ce dilemme. L'article principal de ce numéro fait, à mon avis, un grand pas dans la bonne direction en présentant les résultats d'une vaste recherche effectuée par Charles Leonard, un de nos ingénieurs, qui a établi une relation statistique entre la main-d'oeuvre dépensée pour les modifications et la perte de productivité qui en résulte.

Charles a consacré près de deux ans à cette étude, ce qui est beaucoup de temps dans la vie de quiconque. Ce qu'il y a de plus important encore, si on comptait le temps passé à cette analyse, c'est-à-dire en incluant le temps passé en recherches tout en préparant les réclamations originales, ceci équivaldrait à dix-huit années-personnes de travail. L'article est une version abrégée de la thèse de Charles soumise en vue de l'obtention d'une maîtrise en gestion de construction.

Président de RAL

## L'EFFET DES ORDRES DE MODIFICATIONS SUR LA PRODUCTIVITÉ

par Charles A. Leonard

Les entrepreneurs passent leur temps à dire aux architectes et aux ingénieurs de cesser de faire des changements inopportuns, à moins qu'ils ne soient prêts à en assumer les conséquences. En fait, de plus en plus de soumissions de prix en réponse à un avis de changement énoncent que l'entrepreneur se réserve le droit de présenter une réclamation pour les coûts d'impact de la modification lorsque ceux-ci seront déterminés. Ces conditions, de même que les réclamations des coûts d'impact créent souvent des controverses et suscitent des refus indignés de la part de ceux qui les reçoivent. Les réclamations de coûts d'impact ou, plus particulièrement, pour perte de productivité résultant des changements imprévus, sont fréquemment considérées comme un moyen d'obtenir une compensation pour une soumission mal faite ou une performance inefficace.

Cet entêtement à ne pas croire que les ordres de modifications provoquent habituellement une perte de productivité

et donc une augmentation des coûts ne sera jamais entièrement surmonté; cependant, nous espérons que cet article aidera ceux qui s'intéressent aux faits et sont prêts à voir le processus de la construction tel qu'il est et non tel qu'ils veulent qu'il soit.

Cet article présente les résultats d'une vaste analyse statistique portant sur la relation entre les modifications et la perte de productivité. Comme n'importe quelle analyse, celle-ci aboutit à des moyennes. Il se produira donc des situations où la perte de productivité réelle (si elle est déterminée en utilisant la méthode différentielle de calcul), sera supérieure ou inférieure à celle qui pourrait être évaluée à l'aide des tableaux ci-joints. Nous croyons cependant que de telles différences ne sont pas plus prononcées que celles qu'on peut trouver en utilisant les statistiques industrielles qui sont habituellement employées pour évaluer la perte de productivité résultant du temps supplémentaire, de la surpopulation des effectifs, de la congestion des

corps de métier, des interruptions et des conditions climatiques défavorables. Il n'y a cependant aucune étude de productivité se rapportant aux modifications. En fait, il n'y a eu aucune étude, empirique ou autre, traitant spécifiquement de l'impact des modifications. Aussi, cette recherche a été entreprise afin d'examiner les effets qualitatifs et quantitatifs des changements sur la productivité. L'analyse qualitative a porté sur les raisons et les sources des pertes de productivité. Cette analyse est essentielle pour comprendre les résultats. La relation entre la perte de productivité et

(Suite)

CIRCULATION:	

## L'EFFET DES MODIFICATIONS (suite)

les modifications a été analysée quantitativement en vue d'établir un modèle statistique pouvant servir à déterminer la perte de productivité.

Les données de base de cette recherche ont été obtenues dans des réclamations (préparées par RAL pour le compte d'entrepreneurs), des évaluations de réclamations (faites pour le compte de maîtres d'ouvrages), et dans des rapports d'experts (préparés pour être présentés soit en cour, soit pour fins d'arbitrage).

### Méthodologie

Quatre-vingt-dix cas (c'est-à-dire, les dossiers susdits préparés par RAL) ont été choisis, représentant des contrats où l'entrepreneur a subi une perte de productivité à cause des modifications dans les travaux.

La valeur totale de ces contrats excédait 220 000 000\$ et représentait plus de 7 000 000 d'heures de travail. Ces contrats se rapportaient à 57 différents projets comprenant différents types d'immeubles et de bâtiments industriels, d'une valeur variant de quelques millions de dollars à plusieurs centaines de millions de dollars. Pour les besoins de cette étude, les cas ont été groupés selon le genre de travail qu'ils nécessitent:

- 1) Contrats d'électricité et de mécanique pour la construction d'immeubles commerciaux, institutionnels et industriels.
- 2) Contrats de génie civil et d'architecture pour la construction d'immeubles commerciaux, institutionnels et industriels.

Dans le but de déceler une relation statistique fiable entre les ordres de modifications et la perte de productivité, il fallait s'assurer que toutes les causes affectant la perte de productivité avaient été considérées. Aussi, toutes les évaluations contenues dans les dossiers des cas, comme l'analyse périodique de la productivité; la comparaison des calendriers de travaux tels que planifiés ou tels que construits; les histogrammes de la main-d'oeuvre; et les courbes d'avancement, ont été examinés afin d'identifier et répartir les causes possibles. Pour les besoins de l'analyse quantitative, seules les causes majeures de perte de productivité ont été analysées telles qu'une mauvaise coordination ou planification; une accélération; des changements dans la séquence des activités ou dans la complexité des travaux.

Les ordres de modifications ont été mesurés en pourcentage du total des heures de travail passées pour exécuter les

changements par rapport aux heures de travail du contrat original. De même, la perte de productivité est exprimée en pourcentage d'heures de travail non-productives par rapport aux heures dépensées sur le contrat original. Pour tenir compte d'une sous-estimation possible de la part de l'entrepreneur ou d'une inefficacité dont on n'aurait pas tenu compte lors de la présentation de la réclamation, les pertes de productivité ont été réévaluées, pour cette étude, en utilisant la méthode différentielle de calcul de coûts là où cela fut possible, ou en comparant la soumission de l'entrepreneur avec celles des autres soumissionnaires et en ajustant l'estimation de l'entrepreneur en conséquence.

### Les résultats qualitatifs

Dans les cas examinés, l'impact des ordres de modifications que l'on rencontre le plus souvent sont les interruptions et les retards. Les interruptions se produisent généralement lorsque les travailleurs sont transférés d'une tâche à une autre avant d'avoir fini, ce qui retarde l'achèvement d'une portion de travail de l'activité commencée et fréquemment retarde l'activité subséquente. L'étendue du retard causé par les ordres de modifications dépendait du temps requis pour émettre les instructions requises (par exemple, des éclaircissements) et donner l'autorisation de commencer, et du temps nécessaire pour organiser et exécuter le travail prévu dans l'ordre de modification. Nous avons constaté que les interruptions et les retards causés par les ordres de modifications individuels réduisent directement le progrès des activités affectées à cause de différents facteurs tels que le temps perdu à l'arrêt et à la reprise des travaux, l'exécution de travaux hors séquence et la perte de temps due au besoin de répéter l'apprentissage. A cause de l'interdépendance dans les opérations de construction, l'effet des ordres de modifications s'est répercuté sur la productivité des activités qui n'auraient autrement pas été affectées par ces changements.

Dans 65% des cas examinés, les ordres de modifications se sont révélés avoir un impact cumulatif sur le progrès du travail. En général, les interruptions causées par les ordres de modifications démontrent une détérioration graduelle de la planification de l'entrepreneur. Les activités ont été poursuivies morceau par morceau et sur une durée plus longue que prévue. Dans un tel cas, la productivité a été encore plus réduite à cause de la perte de rythme dans le travail, le manque de motivation de la main-d'oeuvre, des équipes de taille inadé-

quate, des fluctuations excessives de l'effectif, manque de supervision et d'administration, et par une accélération des travaux lorsqu'une demande de prolongation n'était pas accordée.

Dans les cas examinés, la perte de productivité résultant des ordres de modifications a surtout été rencontrée vers la fin du contrat lorsque la majorité des travaux faits en vertu des ordres de modifications étaient en cours d'exécution et que les activités retardées ou interrompues étaient en voie d'être complétées. Dans la majorité des cas, la durée du contrat a été prolongée de manière significative (jusqu'au double de la durée prévue).

Ceci était vrai même pour les travaux qui ont été accélérés, quoiqu'à un degré moindre.

### Les résultats quantitatifs

Les données sur la perte de productivité et sur les heures affectées aux changements ont été analysées statistiquement par la méthode des moindres carrés à l'aide d'un logiciel disponible sur le marché.

Les résultats indiquent qu'il y a une corrélation directe significative entre la perte de productivité et les heures passées aux modifications. Dans les cas où seuls les changements ont affecté la productivité, les coefficients de corrélation furent respectivement de 0,88 et 0,82 pour les travaux de mécanique-électricité et pour les travaux civils et d'architecture. Les coefficients baissèrent respectivement à 0,76 et 0,74 quand une autre cause affectait la productivité.

Les coefficients de corrélation baissèrent radicalement lorsque le pourcentage des heures dépensées sur les changements arriva au-dessous de dix. Ces résultats furent donc ignorés et l'usage des courbes n'est pas recommandé dans ces limites, même par extrapolation.

Comme nous pouvons voir sur les figures 1 et 2, les ordres de modifications ont un effet important sur la productivité. Par exemple, quand les ordres de modifications atteignent 25%, sans qu'aucun autre événement majeur n'affecte la productivité, celle-ci baisse de 20% pour le travail d'électricité ou de mécanique et de 17% pour les travaux de génie civil ou d'architecture. Quand les ordres de modifications atteignent 50%, la productivité diminue de 23% pour les travaux de génie civil et d'architecture, et de 31% pour le travail d'électricité ou de mécanique.

Tel que prévu, les causes majeures additionnelles se sont révélées avoir un effet

cumulatif négatif, qui fut relativement constant dans les limites de pourcentage d'ordres examinées. Les pertes de productivité pour l'électricité et la mécanique augmentent de 11% à 14% dans le cas d'une seule cause majeure, et de 20% à 24% quand il y a plus d'une raison. Pour les travaux de génie civil et d'architecture, une

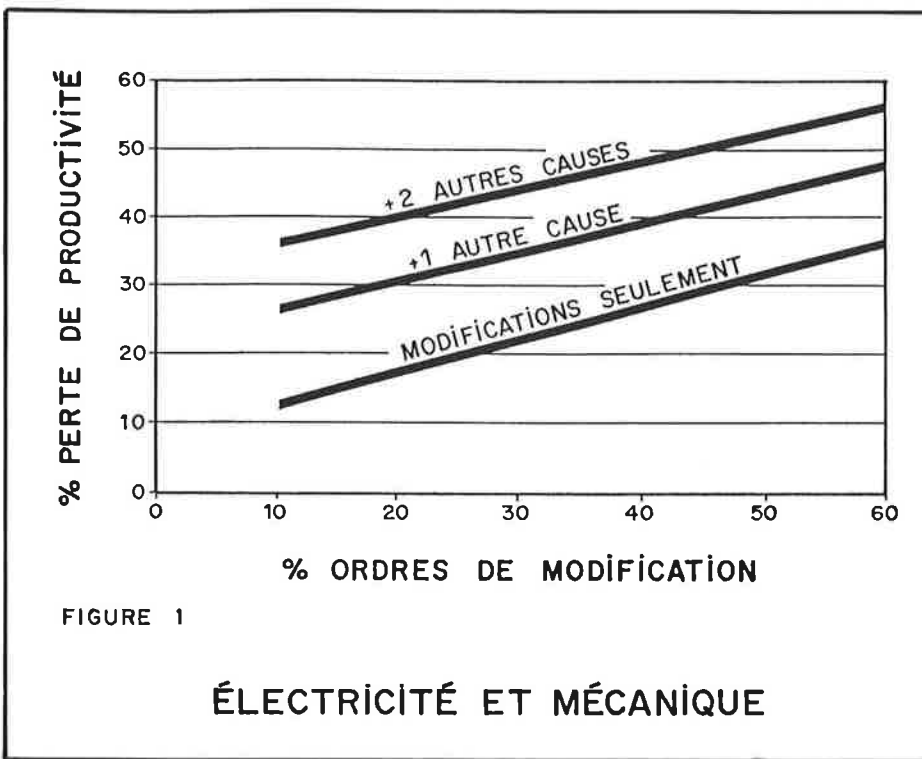
sur ces données. De même, sur les projets ayant subi de graves retards ou interruptions, on ne retrouve pas toujours de période de temps représentative d'une productivité «normale». En fait, c'est pour cela que la méthode de calcul différentielle ne fut possible dans 60% des cas examinés.

Par conséquent, il est souvent nécessaire d'évaluer la baisse de productivité à l'aide des moyennes de l'industrie, tels que les modèles statistiques des figures 1 et 2. Ce qui est encore plus important, c'est qu'il n'est possible de déterminer d'avance l'impact des modifications qu'en utilisant ces statistiques.

Afin d'utiliser ces modèles, il faut d'abord calculer deux valeurs:

- 1) Le total d'heures de travail dépensées pour les ordres de modifications et,
- 2) Le nombre d'heures de travail dépensées au total.

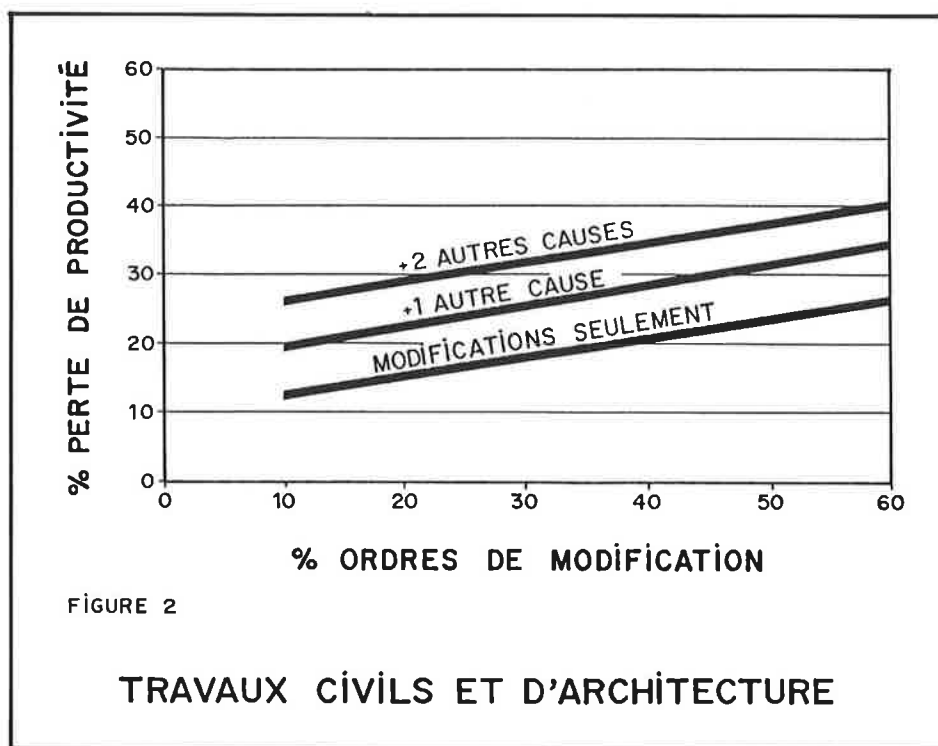
A partir du total des heures, le nombre d'heures affectées aux travaux du contrat original est calculé en soustrayant les heures passées pour les modifications et toutes les heures perdues à cause d'une inefficacité ou d'une sous-estimation de la part de l'entrepreneur. Le pourcentage des modifications est obtenu en divisant les heures passées aux modification par le total d'heures du contrat et en multipliant le résultat par 100. Le pourcentage de la perte de productivité dans le contrat original peut ensuite se lire directement sur les courbes selon le nombre de causes majeures qui ont affecté le progrès des travaux. Le montant d'heures non productives du contrat original se calcule en multipliant le pourcentage de perte de productivité par le total d'heures du contrat et en le divisant par 100.



cause majeure additionnelle augmente la perte de 7% à 8%. Malgré qu'il n'y ait eu aucune donnée dans le cas où plus d'une cause affecte la productivité sur les travaux de génie civil, on peut s'attendre à ce que les pertes de productivité dans ces cas augmentent de 14% en se basant sur l'extrapolation.

#### Application des résultats quantitatifs

Tel que mentionné précédemment, il est préférable de déterminer les pertes de productivité en utilisant la méthode différentielle de calculs de coûts car celle-ci compare le niveau de productivité effectivement atteint par l'entrepreneur durant une période sans incidence des ordres de modification, avec celle atteinte pendant la période ayant subi pareille incidence sur le même travail. Un tel calcul, cependant, requiert des données précises sur les heures de travail dépensées et l'avancement des travaux. D'habitude, les entrepreneurs n'ont pas de dossiers adéquats



## ÉTUDE SUR LES BESOINS DES UTILISATEURS DU S.C.I.C. PRÉPARÉE PAR RAL

Les Services canadiens d'informations pour la construction Limitée (S.C.I.C.) ont été incorporés en août 1986 et parrainés conjointement par le Conseil national de recherches du Canada, Descon International Limited et Les Communications Southam Limitée. Cette nouvelle compagnie a été constituée en vue de mettre sur pieds et offrir un système complet de diffusion de l'information et de communication, tant aux utilisateurs qu'aux fournisseurs de données touchant la construction. La participation du CNR se fait par l'intermédiaire de son Programme d'aide à la recherche industrielle.

Les S.C.I.C. se proposent d'agir comme «courtiers» pour la diffusion rapide de données dans leur version la plus récente. Beaucoup d'importance est donnée à l'utilisation en direct de banques de données électroniques sur disques, directement accessibles selon une approche agréable à l'utilisateur. Une des composantes principales du système est un réseau public qui fournirait électroniquement aux utilisateurs les noms et numéros de téléphones de ceux qui possèdent des compétences spéciales en une foule de sujets. Ce service refléterait la pratique, courante dans la profession, de prendre contact directement avec les personnes compétentes au lieu de s'évertuer à faire soi-même la recherche à partir de publications spécialisées. Des renseignements écrits, tels des catalogues, seraient également disponibles avec l'ensemble des services.

Les S.C.I.C. peuvent également transmettre des plans de construction et d'autres graphiques avec un haut degré de résolution, reflétant ainsi une autre évidence dans le domaine de la construction, à savoir que les gens lisent plus de plans qu'ils ne lisent de textes.

Dans le cadre de leur recherche conceptuelle et de leur programme de consultation, les S.C.I.C. ont commandé une série

d'entrevues traitant en détail des besoins des utilisateurs. Or, vers la fin de 1985, RAL et IRAD Corporation avaient soumis au Gouvernement du Canada une proposition visant à interviewer des praticiens du secteur de la construction en vue d'établir des normes pour le contenu et la nature d'une banque de données informatisée. Pareilles normes serviraient également de lignes directrices aux futurs compilateurs de banques de données de la construction, conçues pour permettre un accès facile aux utilisateurs.

Les facteurs suivants étaient à l'origine de cette proposition:

- Les enquêtes à l'échelle nationale menées par RAL sur la recherche et le développement dans la construction et sur le Service national d'évaluation de matériaux de construction ont toutes les deux mis en relief la nécessité de la diffusion électronique.
- Le Conseil national de recherches et les participants aux réunions régionales de la Commission canadienne de recherche sur la construction insistaient sur le besoin de transférer efficacement l'information technologique.
- Les praticiens de la construction se sont rendus compte qu'une grande part de la documentation technique dont ils avaient besoin et qui leur parvenait sous forme d'imprimés était originellement écrite par ordinateur ou par traitement de texte et donc, par conséquent, pouvait être transmise électroniquement.

Les activités proposées s'accordaient bien avec celles qui, par coïncidence, étaient développées par ceux qui ont accordé leur parrainage aux S.C.I.C. Elles furent complètement incorporées dans le projet des S.C.I.C. en septembre 1986.

Cent entrevues ont été menées. En premier lieu, avec 16 experts dans les champs des sciences de l'information et de l'information sur la construction; ensuite, avec des agences nationales situées à

Ottawa; puis, lors de la conférence "Building Tomorrow" à Toronto; et enfin, dans les bureaux de praticiens à Halifax, Montréal, Ottawa, Toronto, Winnipeg, Calgary et Vancouver.

Très peu de gens de l'industrie se servent de leur ordinateur comme moyen de communication, c'est-à-dire «en direct». Il a donc fallu attiser leur imagination en leur démontrant la simplicité avec laquelle un ordinateur portatif, n'exigeant qu'une seule source de courant, un raccord téléphonique, et quelques commandes sur un clavier, peut obtenir l'information sur demande. Un échantillonnage de données disponibles, ou bientôt à l'être, ont été compilées, incluant des portions du Code national du bâtiment, du Devis directeur de la construction au Canada, rapports de projets de construction, information sur le crédit, brochures sur les produits, bulletins des associations et graphiques. Aussi, il y eut une démonstration sur l'accès rapide aux sources de documentation technique au Canada, aux Etats-Unis et en Europe.

Un questionnaire précis sur les sources d'informations essentielles et les desiderata a eu lieu en présence d'un échantillonnage de concepteurs, d'entrepreneurs, de présidents d'associations, de fournisseurs, d'éducateurs, de propriétaires, etc. Les entrevues étaient interactives; les praticiens ayant été spécifiquement sollicités pour aider à la conception d'un système qui, en retour, leur sera d'un grand secours.

Des rapports ainsi qu'un résumé de 187 pages sur les résultats de l'enquête ont été préparés. Par la suite, les S.C.I.C. parrainèrent une série de séances avec des groupes représentatifs et une vaste étude de marché. La compagnie espère qu'un logiciel de démonstration sera prêt au début de l'année 1988 afin d'illustrer ce que l'on propose et pour que son répertoire soit disponible vers la fin de l'année.

**Le Bulletin** est publié par Wagner, Daigle, Revay Limitée, firme d'experts-conseils en administration et d'économistes en construction et de relations gouvernementales. Les articles peuvent être reproduits moyennant mention de la source. Vos observations et suggestions pour les prochains articles sont bienvenus.

Les bureaux de **Wagner, Daigle, Revay Limitée:**  
4333, rue Ste-Catherine Ouest  
MONTRÉAL, Québec H3Z 1P9  
(514) 932-9596  
Telex 055-60403

Affiliée à:  
**Revay et Associés Limitée**  
Siège Social:  
MONTRÉAL: (514) 932-2188

**S.V.P. NOUS AVISER DE TOUT CHANGEMENT D'ADRESSE OU DE DESTINATAIRE.**

**Prière de retourner à l'expéditeur si l'envoi ne peut être livré au destinataire  
L'affranchissement de retour sera payé par:  
WAGNER, DAIGLE, REVAY LTÉE  
4333, rue Ste-Catherine Ouest  
MONTRÉAL, Québec  
H3Z 1P9**

**COURRIER DE PREMIÈRE CLASSE**