



par Stephen G. Revay

*C'est un fait reconnu, qu'a d'ailleurs évoqué Zey Emir dans l'article de fond du numéro d'octobre 1999 du Bulletin Revay (volume 18, numéro 3), que lorsque des équipes ou des personnes sont appelées à fabriquer un*

*plus grand nombre d'unités d'un même produit, leur productivité augmente. À condition que le déroulement et la nature du travail ne soient pas perturbés par des facteurs externes, ce gain est généralement assez marqué aux premiers stades d'un projet et cette tendance à la hausse se poursuit en général, bien qu'à un rythme qui décroît graduellement.*

*Malgré ce principe, les coûts des projets de construction affichent souvent la tendance inverse, c.-à-d. qu'on constate les meilleurs taux de productivité au cours du premier tiers des projets et que le rendement baisse par la suite.*

*On m'a souvent demandé d'analyser des cas où le maître d'oeuvre affichait des résultats rentables au cours des premiers 60 ou 70% du projet et subissait ensuite des pertes importantes sans raison apparente. Ce phénomène remet-il en cause la théorie des courbes d'apprentissage ou résulte-t-il de lacunes en matière de contrôle de l'avancement des travaux?*

*Certains soutiennent que les derniers 10 à 15% de n'importe quel travail exigent plus de temps que la durée moyenne des tâches effectuées jusqu'alors. À première vue, cette observation paraît valide, en particulier en période de chômage élevé. Une analyse approfondie pourrait cependant associer le ralentissement à des facteurs externes, à un simple changement de la nature du travail — p. ex. touches finales ou correction de défauts — plutôt qu'à une baisse de régime naturellement liée aux derniers stades d'un projet. Quoi qu'il en soit, ces anomalies peuvent se révéler des obstacles insurmontables à la gestion efficace d'un projet mais aussi, le cas échéant, à l'évaluation quantitative d'une réclamation.*

*Signé par Brian Foster de notre bureau de Toronto, l'article de fond du présent numéro aborde d'un point de vue pratique le contrôle de l'avancement des travaux dans un projet de construction.*

*Enfin, je suis heureux d'annoncer le retour parmi nous de Tom Martin. Certains se souviendront peut-être que Tom s'était joint à notre équipe en janvier 1994 à titre de président de notre division américaine. Il nous avait malheureusement quitté en janvier 1996 après que RAL eut perdu son indépendance. J'ai récemment réussi à convaincre Tom de réintégrer le poste qu'il occupait et, sous sa direction, nous avons ouvert un bureau à Gaithersburg (Maryland).*

## Gestion de la productivité dans les projets de construction

par **Brian Foster**, consultant  
Revay et Associés limitée, Toronto

On dit qu'il n'y a pas de gestion sans planification, organisation, coordination, motivation et contrôle. Au cours des dernières années, les acquéreurs de services de construction ont souvent reproché à l'industrie une présumée lacune en matière de gestion. Une analyse de 25 projets exécutés au cours de la dernière décennie, et plus particulièrement des 2,2 millions d'heures-personnes qui y ont été consacrées, apporte des arguments aux auteurs de cette allégation. Compte tenu du fait que, dans un contexte d'offres forfaitaires concurrentielles, les heures-personnes nécessaires à l'exécution de ces projets étaient estimées à 1,1 million, cette affirmation mérite bel et bien un examen sérieux.

Malgré leur nombre et leur diversité, les causes de ce dépassement des heures-personnes prévues peuvent se résumer ainsi : modifications de la portée des travaux, compression des calendriers d'exécution, soumissions erronées, changements de conception, mauvaise qualité des matériaux, défauts d'exécution, changements de conditions et perturbations imputables aux clients ou à d'autres entrepreneurs.

Les dépassements de coûts sont rarement attribuables à un seul responsable ou à une seule cause. Néanmoins, maîtres d'oeuvre et acheteurs de services de construction se rejettent invariablement la responsabilité de ce genre de situation, d'où l'importance de pouvoir faire appel à une tierce partie indépendante. Pour qu'une telle intervention soit fructueuse, certaines conditions essentielles doivent cependant être réunies. Ainsi, lorsqu'un projet de construction a fait l'objet d'une planification et d'un contrôle efficaces, il est beaucoup moins probable que subsiste

un différend à l'issue des travaux. Au cas contraire, les probabilités de règlement clair a posteriori sont nettement moindres.

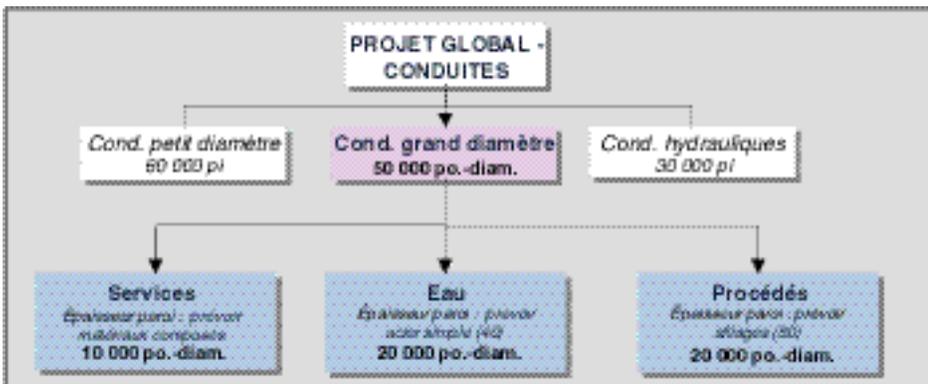
Aux fins du présent article, nous proposons les définitions suivantes :

**Planification** : ensemble d'activités qui consistent pour l'essentiel à établir budgets, objectifs, politiques, calendriers et prévisions.

**Contrôle** : ensemble d'activités qui consistent principalement à mettre en oeuvre les politiques, appliquer les procédures, définir les responsabilités, établir la structure de fractionnement du travail (SFT), gérer les codes de comptes, mesurer l'avancement des travaux, consigner les coûts et les heures-personnes, gérer l'avancement des travaux et la productivité, produire des analyses, interpréter les résultats et prendre des mesures correctives appropriées.

Ces dernières années, des logiciels de gestion et de planification de projets perfectionnés ont permis une amélioration sensible de l'ordonnancement de la production. Malheureusement, l'ordonnancement à lui seul ne procure pas aux directeurs de travaux des données suffisantes pour prévoir l'issue d'un projet. Les logiciels de nouvelle génération peuvent générer très rapidement des calendriers d'une grande complexité. Trop souvent par contre, les directeurs de travaux sont submergés d'informations qu'ils n'utiliseront jamais. Le maître d'oeuvre qui exécute un contrat à prix forfaitaire et qui est appelé à prendre des décisions cruciales doit disposer d'informations prévisionnelles et de données relatives à la rentabilité du projet. Le calendrier d'exécution doit prévoir des ressources adéquates, et des stratégies doivent permettre le recouvrement des coûts extrinsèques.

Figure 1. Répartition du travail type - installation de conduites



Le présent article met en lumière le fait que l'ordonnancement suffit rarement à lui seul à éviter problèmes et différends.

### La productivité dans le cadre du projet idéal

Le numéro d'octobre 1999 du Bulletin Revay traitait des courbes d'apprentissage dans le secteur de la construction et de la théorie selon laquelle la rapidité d'assimilation des tâches répétitives tend à augmenter avec le nombre d'unités produites. Le présent article reconnaît le phénomène des courbes d'apprentissage et vise à illustrer des façons de mesurer et de contrôler l'avancement des travaux et de gérer la productivité sur le terrain, dans la perspective de réduire l'impact des événements et incidents imprévus.

### Vous avez dit «productivité»?

Il subsiste un malentendu et un certain usage abusif du terme «productivité», qu'on emploie dans une variété de contextes et qui a diverses significations pour différentes personnes. Dans sa plus simple expression, le terme exprime le résultat d'un travail (p. ex. en termes de pieds-diamètre de tuyaux et de pouces-diamètre de conduites soudées en bout) par rapport aux ressources qui y sont affectées (heures-personnes).

Certains poussent le concept un peu plus loin et comparent les heures-personnes prévues aux heures-personnes réelles, p. ex. 1,3 heure-personne par unité produite, et concluent que la productivité est de 1:1,3 ou 77 %. Cette relation est évidemment essentielle à l'évaluation de la rentabilité. Cependant, dans notre premier exemple, il est primordial d'établir la tendance réelle – ainsi, la productivité est de 1,3 heure-personne par unité lorsque le pourcentage d'achèvement des travaux est de 30 %, puis de 1,6 heure-personne par unité lorsqu'on atteint un pourcentage d'achèvement de 50 %. Où se situe le problème? En l'occurrence, l'objectif d'une heure-personne

par unité est probablement d'ores et déjà hors de portée. Il reste néanmoins 50 % du travail à contrôler rigoureusement.

Si la baisse de productivité survenue dans l'intervalle de 30 à 50 % d'achèvement coïncide avec le constat soudain que les unités ne convenaient pas la première fois, que le client a exigé trop de changements ou que les heures supplémentaires ont été excessives, il est fort probable qu'une relation de cause à effet puisse être démontrée.

### Pourquoi un contrôle de la productivité?

Il y a plusieurs raisons importantes pour lesquelles un entrepreneur devrait exercer un contrôle de la productivité à l'aide d'outils raisonnablement évolués. Un tel contrôle lui fournit en effet de précieuses informations en prévision de futurs appels d'offres, de même qu'un jalon utile pour mesurer la concurrence. De plus, lorsqu'on dispose d'un système efficace de contrôle de la productivité, on peut établir des prévisions fiables et pondérer les calendriers d'exécution en fonction des ressources avec un réalisme accru.

Les dispositions contractuelles concernant la communication d'avis sont également très importantes. Lorsque le directeur de travaux est informé de la tendance de la productivité, il est plus facile d'établir des rapports de causalité et de prendre des mesures correctives. On peut faire des calculs crédibles des coûts additionnels et, le cas échéant, les soumettre au client en vue de justifier une rétribution complémentaire. Ce type de gestion de projets réduit invariablement le besoin de formuler des réclamations longtemps après l'achèvement des travaux, une fois que les faits invoqués ont en grande partie été oubliés.

### Comment gérer la productivité

L'établissement d'une SFT simple et facile d'emploi constitue une première

étape essentielle. L'apport d'un consultant indépendant peut être inestimable à cet égard. Lorsqu'on opte pour une gestion de projets interne, on tend naturellement à fonder son système de contrôle sur les données de l'estimation. Un conseiller indépendant pourra faire observer que, si l'estimation est utile à la conclusion du contrat, un contrôle adéquat du projet exige des calendriers et des budgets précis élaborés après l'adjudication du contrat (et de préférence par d'autres personnes que celles qui ont préparé l'estimation). Par exemple, si l'on a omis d'inclure des conduites hydrauliques de petit diamètre dans l'estimation, la SFT en tiendra assurément compte — ainsi que de la nécessité que le système d'ancrage respecte le code régissant les conduites d'énergie. Tenter d'exécuter un projet en moins d'heures-personnes qu'il n'est véritablement possible de le faire équivaut à courir au désastre.

La figure 1 illustre une SFT type pour une installation de conduites.

Il se peut que l'on ait omis de calculer les pouces-diamètre lors de la soumission et que l'on ait établi ce calcul lors de la planification et de la mise en route initiales du projet. Les contremaîtres responsables des conduites devraient autant que possible être associés à cet important exercice. De toute façon, comme il y a lieu de définir l'ampleur de la préfabrication le plus tôt possible, cette activité est en quelque sorte obligatoire. Il faut définir les méthodes de soudure et les contrôles aux rayons X. On doit aussi calculer la taille des équipes et définir le rapport soudeurs/tuyauteurs. Il faut également établir les besoins en matériel de construction, en outillage et en matières consommables. L'élaboration d'une SFT n'alourdit pas vraiment les frais généraux. Il faut plutôt la considérer comme un investissement essentiel pour disposer de données utiles et à jour, dont les gestionnaires de projet peuvent faire usage dès le lundi après-midi suivant la fermeture du vendredi après-midi.

Après avoir établi la SFT la plus appropriée possible, il faut en ventiler les principales composantes de façon à obtenir le chemin critique du projet. On voit à la figure 1 que les conduites de grand diamètre doivent faire l'objet d'une ventilation plus fine. En attribuant aux conduites hydrauliques et de petit diamètre leur pondération respective, on peut en assurer un contrôle simple mais raisonnablement précis en termes de longueur installée.

La figure 2 illustre une ventilation optimale des conduites de grand diamètre.

**Figure 2. Répartition des conduites de grand diamètre**

Diam. cond.	Syst. services	Syst. eau	Syst. proc.	Total po.-diam.
3	5 000			5 000
4	3 000	4 000	1 000	8 000
6	1 000	8 000	3 000	12 000
8	500	4 000	4 000	8 500
10	500	2 000	3 000	5 500
12		1 000	4 000	5 000
18		500	3 000	3 500
24		500	2 000	2 500
<b>Total</b>	<b>10 000</b>	<b>20 000</b>	<b>20 000</b>	<b>50 000</b>

Cette figure résume les documents SFT fondés sur le nombre de soudures qui figurent sur les plans. Cet exercice d'orientation est utile aux contremaîtres. Un consultant indépendant peut effectuer des contre-vérifications.

La figure 3 présente les données brutes (nombre de soudures) sous forme de feuille de calcul. La gestion des données à l'aide d'un tableur facilite les tris en fonction de critères pertinents.

La SFT illustrée à la figure 3 permet d'exécuter des tris selon divers critères (emplacement, niveau, système ou conduite, diamètre, etc). La responsabilité de chaque contremaître devrait correspondre à une partie spécifique de la SFT. Le transfert éventuel de responsabilité de l'équipe chargée de la construction à l'équipe responsable des essais s'en trouve également facilitée. Il importe que les divers types de tris soient définitivement établis avant le début des travaux.

Les figures 4a, 4b et 4c illustrent les données de gestion aisément accessibles à partir du système de contrôle. Ces renseignements sont essentiels à la modification des calendriers d'exécution.

On peut voir que 24 470 pouces-diamètre de soudures ont été effectués à ce jour et que le taux d'avancement des travaux est de 49 %.

La dernière étape consiste à évaluer le rendement et la rentabilité du projet.

La figure 5 illustre le dernier élément d'information nécessaire à la gestion des travaux.

**Figure 3. Relevé d'avancement/de productivité**

Emp. (Baie)	Niveau	Ref. syst.	Diam. conduite	Total soudures à eff.	Éqiv. po.-diam. soudures à eff.	Total soudures effectuées à ce jour	Éqiv. po.-diam. effectuées à ce jour
1	3	W1	4	3	12	1	4
4	8	W2	8	5	40	4	32
15	1	G1	16	4	64	2	32
etc.							
<b>Total</b>					<b>50 000</b>		<b>24 470</b>

**Figure 4a. Avancement des travaux (tri par systèmes)**

Systèmes	Po.-diam. soudures à faire	Effectuées à ce jour	% achév.
<b>Services</b>			
Air	6 000	3 240	54 %
Lubr.	4 000	2 215	55 %
<b>Eau</b>			
Alimentation	7 000	6 750	96 %
Rafroidissement	8 000	5 395	67 %
Nettoyage	5 000	1 155	23 %
<b>Processus</b>			
Processé A	4 000	595	15 %
Processé B	7 000	3 510	50 %
Processé C	9 000	1 600	18 %
<b>Total</b>	<b>50 000</b>	<b>24 470</b>	<b>49 %</b>

**Figure 4b. Avancement des travaux (tri par emplacements)**

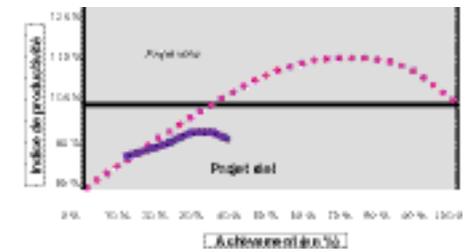
Emplacement (baie)	Po.-diam. soudures à faire	Effectuées à ce jour	% achév.
Baie 1	5 000	3 400	68 %
Baie 2	4 500	2 600	58 %
Baie 3	6 200	3 100	50 %
Baie 4	7 800	4 200	54 %
-	26 500	11 170	42 %
<b>Total</b>	<b>50 000</b>	<b>24 470</b>	<b>49 %</b>

**Figure 4c. Avancement des travaux (tri par diamètres de conduite)**

Diamètres conduite	Po.-diam. soudures à faire	Effectuées à ce jour	% achév.
3 po.	5 000	3 200	64 %
4 po.	8 000	1 800	23 %
6 po.	12 000	7 500	63 %
8 po.	8 500	3 500	41 %
10 po.	5 500	1 200	22 %
12 po.	5 000	4 800	96 %
18 po.	3 500	2 000	57 %
24 po.	2 500	470	19 %
<b>Total</b>	<b>50 000</b>	<b>24 470</b>	<b>49 %</b>

Comme on l'a vu, on a établi avec précision à 39,36 % l'avancement des travaux en ce qui a trait aux conduites. On évalue que la productivité réelle correspond à 2 631 heures-personnes par point de pourcentage d'avancement. À noter que ce chiffre a été obtenu sans référence à l'estimation.

**Figure 6. Productivité réelle et productivité prévue**



La comparaison de la productivité réelle et de la productivité visée révèle des problèmes, l'indice de productivité étant nettement en deçà du niveau normal. Pourquoi? Répondre à cette question est le rôle véritable du consultant indépendant. Qu'il suffise de dire que les raisons d'un tel écart sont multiples et qu'il peut tout autant s'agir d'estimations trop basses que de modifications trop nombreuses.

La représentation graphique de l'indice de productivité (figure 6) aide le consultant de plusieurs façons. Elle permet d'abord de mettre en lumière le point de divergence par rapport aux courbes d'avancement et de durée. Elle permet également de démontrer les écarts de coûts à partir de la productivité atteinte lorsque le travail était le moins perturbé ou différé et d'établir une relation de cause à effet.

La courbe ci-dessus représente un parcours cumulatif. Il est donc plus difficile d'en modifier l'orientation car sa progression est axée sur un seul et même point : une exécution de 100 %. S'il est constaté que le récent changement de tendance découle d'un nombre anormal de changements de conception, il devient possible d'établir un coût d'impact réaliste.

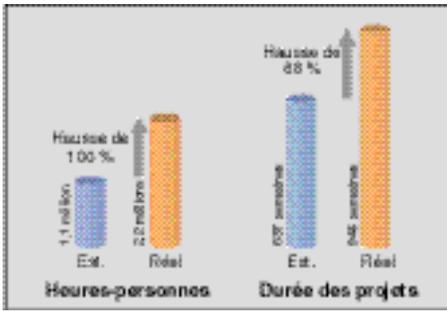
**Importance de faire appel à un conseiller indépendant le plus tôt possible**

Le consultant pourrait se rendre sur le chantier en compagnie du contremaître à intervalles réguliers pour passer en revue les feuilles de calcul avec ce

**Figure 5. Calcul de l'indice de productivité**

SFT principale	Nombre	Mesure	Eff. à ce jour	% achév.	Pret	Gain
Petit diamètre	60 000	pi	20 000	33 %	20	6,67
Grand diamètre	50 000	di	24 470	49 %	60	23,36
Cond. hydrauliques	30 000	pi	5 000	17 %	20	3,33
<b>Avancement global - conduites (%)</b>						<b>39,36</b>
Conduites : nombre total d'heures-personnes effectuées						1 03 565
Heures-personnes réelles par point de pourcentage d'avancement						2 631
Heures-personnes prévues au devis par point de pourcentage d'avancement						2 450
<b>Indice de productivité (IP)</b>						<b>93 %</b>

**Figure 7. Aperçu du rendement des maîtres d'oeuvre dans 25 projets**



dernier et les surintendants et établir le pourcentage d'achèvement de chaque activité de la SFT. Un maximum de 20% du nombre d'activités peut avoir été effectué au cours de la période qui prend fin; la tâche ne peut donc jamais être irréaliste ou insurmontable. Les questions fondamentales à prendre en compte sont les suivantes :

- a) l'activité a-t-elle débuté?
- b) quelle en est la progression par rapport à la plus proche tranche de 10%?
- c) l'activité est-elle terminée?

Cette méthode permet de discuter des résultats séance tenante avec le personnel responsable. Toutes les causes des résultats constatés peuvent être rapidement mises en lumière et consignées dans un rapport de gestion efficace.

Cette méthode favorise en outre de bonnes relations entre personnel de direction et de maîtrise, tous devenant sensibles aux coûts et aux délais d'exécution. On peut ainsi élaborer des calendriers d'exécution prévoyant des ressources adéquates au prix d'un effort minimal. Bref, les uns et les autres deviennent de meilleurs directeurs et de meilleurs gestionnaires, et les affaires n'en sont que plus florissantes.

### **Construction : rapport entre durée et heures-personnes**

Parmi les avantages connexes de ces contrôles de la productivité et de l'a-

vancement des travaux, citons la possibilité pour le maître d'oeuvre de prendre un recul et de comparer le rendement de différents projets. La figure 7 donne un aperçu de 25 projets exécutés au cours des dernières années et qui ont exigé plus de 2 millions d'heures-personnes. Les travaux mécaniques comptent pour 35 % des heures-personnes et les travaux électriques pour 55 %. Les 10 % restants consistent dans des travaux complémentaires tels que fabrication et revêtements.

La figure 7 illustre la durée et les heures-personnes réelles des 25 projets de référence. Il est intéressant de constater que, si l'estimation faisait état de 1,1 million d'heures et que l'on a dénombré 2,2 millions d'heures réelles (dépassement de 100 %), la durée combinée prévue des travaux était de 637 semaines par rapport à 944 semaines réelles (dépassement de 48 %).

Les travaux ont rarement été achevés dans les délais impartis et ce défaut d'exécution a été observé dans la plupart des projets en question.

Dans les cas où les premiers 40 % de la durée requise n'a pu être entièrement consacrée à des activités de construction rentables (par suite de défauts de conception, de déficiences des matériaux, de problèmes d'accès, etc.), on a observé un dépassement des heures-personnes dont les ordres de changements classiques ne rendaient pas compte complètement. Les maîtres d'ouvrage invoquent souvent une clause contractuelle qui prévoit la possibilité de modifier les travaux sans invalider le contrat. Ce faisant, ils négligent le fait que des changements trop fréquents et des modifications imputables à des erreurs de conception ou à des matériaux non conformes fournis par eux chamboulent obligatoirement le calendrier d'exécution.

À noter que les ordres de changements approuvés comptent seulement pour

quelque 30 % du dépassement des heures-personnes dans les 25 projets de référence. Près de 20 % de ce dépassement est attribuable à des erreurs d'estimation ou à des spécifications ambiguës.

De même, environ 50 % du dépassement des heures-personnes est lié à l'impact, un phénomène méconnu (ou à tout le moins mal compris) pour de nombreux maîtres d'ouvrage. Le maître d'oeuvre, qui ne peut exécuter le travail selon le déroulement prévu, déploie des efforts pour atténuer les retards et subir des pertes inhérentes à différents facteurs d'impact (cycles d'arrêts et de reprises du travail, relocalisation des équipes, effectifs plus nombreux que l'équipe optimale, multiplication des quarts de travail, extension de la semaine de travail, etc.).

Envisageons l'exemple d'un contrat de sous-traitance prévoyant 30 000 heures-personnes et un calendrier d'exécution de neuf mois qui donne des signes de problèmes après deux mois seulement. En l'occurrence, on peut prévoir un impact de l'ordre de 15 000 heures-personnes (et une perte potentielle de 800 000 \$). Il est décidément plus facile et plus prudent d'évaluer et de démontrer la relation de cause à effet de semaine en semaine.

Un système de planification et de contrôle peut faciliter la gestion et contribuer à réduire les réclamations. Un consultant indépendant peut évaluer objectivement la situation et proposer une stratégie en matière de réclamations.

En terminant, je soulignerai que, des 25 projets susmentionnés, six ont donné lieu à des poursuites et qu'aucune de ces causes n'a été portée devant un juge.