

La planification des travaux de génie civil

Autor(en): **Bourquin, Marcel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 36: **Der Gotthard-Strassentunnel**

PDF erstellt am: **23.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74195>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La planification des travaux de génie civil

par Marcel Bourquin, Locarno

Objectifs et nature de la planification des travaux

Comme dans toute activité économique, les dirigeants planifient pour pouvoir mieux gérer, c'est-à-dire mieux prévoir les opportunités, les besoins et les ressources humaines et matérielles, pour pouvoir mieux coordonner et mieux contrôler. Le processus de planification d'un investissement public important peut généralement se décomposer, comme pour d'autres types de projets, en quatre phases successives:

- *L'analyse complète des variantes* d'exécution réalisables, en tenant compte des *ressources disponibles* et des *caractéristiques de l'environnement*.
- *La définition claire des objectifs* choisis sur la base de l'analyse précédente (délais, coûts, caractéristiques techniques importantes).
- *Le choix des stratégies* et des plans pour atteindre ces objectifs: l'élaboration des plans tactiques et opérationnels (coordination des diverses entreprises, commandes préalables, etc.), le calcul des budgets et la réalisation des dessins et études techniques.
- *Le contrôle régulier de l'exécution* avec *correctifs* à apporter aux trois niveaux ci-dessus en cas d'imprévus, de divergences et d'écarts.

La planification choisie est donc continuellement remise en question, la dernière phase se refermant sur les trois autres durant toute l'exécution du projet. Lors de l'adjudication des travaux du St-Gothard en 1969, les trois phases supérieures avaient déjà été clairement définies: les objectifs visés en matière de délais (percement à fin 1974, second œuvre en 1975 et mise en exploitation en 1977) de budget global (306 millions sur la base de prix 1968, y compris les installations électro-mécaniques) et de conception technique (plans généraux et études géologiques) découlaient de toute la gestion du projet mise en œuvre durant les années précédentes. Cependant, au cours de l'exécution des travaux qui s'étendit par la suite sur plus de onze années, les programmes et coûts prévus en 1968 furent remodelés en partie par les contraintes effectives du contexte économique suisse, voire international, c'est-à-dire par les *variations conjoncturelles* de toute nature et en particulier par les hausses survenues au début des années 70 - marché du tra-

vail tendu, montée des taux d'intérêt et poussée inflationniste. La planification du tunnel fut aussi soumise, en cours des travaux, à toute une série d'autres contraintes extérieures qui ont pu agir parfois défavorablement sur les plans à long terme établis en 1969; mentionnons par exemple les *conditions géotechniques* qui sont toujours difficilement prévisibles (état de la roche, pressions, eau) et le *développement de nouvelles technologies* plus fiables (modifications de conceptions générales et de méthodes d'exécution). C'est ainsi que les imprévus de toute sorte et les correctifs nécessaires devaient être immédiatement réinvestis dans le processus stratégique de base pour en connaître les éventuelles conséquences au niveau des objectifs fixés. Ces réajustements tactiques, parfois très complexes parce que nécessitant de nouvelles ressources humaines, techniques et financières, et pouvant modifier les délais prévus et les budgets établis, ne pouvaient s'opérer souvent que par la négociation de nouveaux accords opérationnels et budgétaires avec les entreprises concernées, ce qui nécessitait un travail approfondi et un engagement intense des parties en présence. C'est donc cet effort soutenu de *réadaptation optimale du processus stratégique aux nouvelles données de l'environnement*, en respectant au maximum les buts visés initialement, qui fera l'objet de notre propos. On placera cette action dans le cadre des structures mises en place pour l'exécution des travaux de génie civil (creusement et aménagement intérieur du tunnel - septembre 1969 à décembre 1977).

Aspects juridiques

On sait que le projet et une grande part du travail de planification ont été confiés par les cantons à un groupe ment d'ingénieurs, attributions faisant l'objet de contrats de mandat. Nous ne nous attarderons pas ici à l'aspect pourtant très important de ces accords, traités ailleurs, et limiterons notre tissu juridique aux relations entre les deux entités «Etat» et «entreprise» (en sous-entendant souvent que certaines prestations et obligations du maître de l'ouvrage envers le constructeur ainsi que certains autres travaux administratifs ont été confiés aux ingénieurs).

L'exécution des travaux de génie civil repose donc essentiellement sur les *deux contrats d'entreprise* conclus en 1969 entre le canton d'Uri et le consortium

nord (AGN) d'une part, le canton du Tessin et le consortium sud (CGS) de l'autre. Par ces deux accords les entreprises se sont obligées, sous certaines conditions, à creuser le tunnel, à l'aménager et à fournir un certain nombre de prestations annexes, moyennant toute une gamme spécifique de prix que les cantons, en tant que maîtres de l'œuvre, se sont engagés à payer. Les bases juridiques ne diffèrent donc en rien de celles d'autres contrats d'entreprise conclus couramment pour des travaux plus petits. Seuls ici l'ampleur et la durée des prestations en jeu, la complexité et la diversité technique des travaux ainsi que les problèmes posés par les incidences d'ordre économique, politique et social ont nécessité l'élaboration souvent même a posteriori de clauses et de documents contractuels plus nombreux et, comme on le verra aussi, la mise en place de structures opérationnelles et administratives plus complexes que d'habitude.

Les entreprises se sont donc engagées avant tout à exécuter les travaux consciencieusement, personnellement - la norme SIA 118 soumet l'introduction d'un sous-traitant au consentement exprès du maître -, avec les cadences prévues, selon les prix et conditions stipulés et conformément aux plans fournis par les ingénieurs, cela en assumant, entre autres, la responsabilité technique d'exécution, le recrutement du personnel ouvrier et certains autres risques d'ordre conjoncturel (excepté le renchérissement sur la main-d'œuvre et les matières). Les obligations du maître, quant à elles n'étaient pas limitées au seul paiement des travaux réalisés; en effet, à part la conduite des procédures officielles en matière d'expropriation pour la mise à disposition des terrains de construction et l'organisation des pourparlers de tout genre avec divers organes publics et privés, avant et en cours d'exécution des travaux, les prestations de l'Etat s'étendaient aussi à la mise à disposition de tous les plans et autres documents nécessaires dont la préparation était confiée ici à ses ingénieurs mandataires. Les cantons devaient par ailleurs tenir leur rôle de directeurs généraux et locaux des travaux (ce dernier étant confié aux ingénieurs, à Göschenen), c'est-à-dire d'une part assumer le contrôle de la qualité, de la conformité aux plans techniques, de la planification et du respect par l'entreprise des prescriptions d'hygiène et de sécurité édictées par la CNA, et de l'autre négocier les correctifs à apporter aux programmes et budgets en cas d'imprévus et coordonner les prestations des divers fournisseurs, monteurs et entrepreneurs travaillant avec les consortiums. Le bureau administratif se chargeait aussi de la vérification des décomptes partiels et des coûts de renchérissement.

Structures générales

Nous examinerons brièvement la structure des organismes en présence (cadre adapté à la planification) en commençant par l'«Etat et ses ingénieurs». La forte décentralisation des compétences politiques, juridiques et financières en matière de routes nationales dans notre pays et l'emplacement du tunnel du St-Gothard situé pour 60% de sa longueur en territoire uranais et 40% au Tessin, exigeaient la création d'un *organe suprême de supervision* propre à notre tunnel. Composé de représentants de l'Office Fédéral des Routes, des deux cantons concernés (directions générales) et des ingénieurs mandataires, dès le début de la phase conceptuelle et pendant toute l'exécution des travaux, il a coordonné les nombreuses décisions cantonales et garanti une certaine unicité technique, voire esthétique, à l'ouvrage. Les solutions particulières et modifications de toute nature ainsi que les nouvelles propositions d'adjudication devaient donc être préalablement soumises à l'approbation de cet organe, appelé *commission de construction*, avant même d'être présentées en dernière instance, aux autorités cantonales qui devaient finalement les ratifier. Cet organe disposait en outre d'un *comité technique* chargé de faire un premier tri parmi les variantes techniques et financières proposées et de préparer les travaux de la commission.

Sur les chantiers de Göschenen et Airolo les *directions locales* (exercées au nord par le groupement des ingénieurs, au sud par le canton du Tessin) étaient placées chacune sous le contrôle d'un directeur en chef des travaux et comprenaient une quinzaine de personnes dont un tiers d'ingénieurs et de techniciens responsables de secteurs spécifiques (tunnel, centrales, puits), un tiers de surveillants de chantier et un tiers de personnel administratif (comptabilité, secrétariat et dessin technique).

Du côté des entreprises maintenant, la nécessité de disposer de ressources importantes en travail, capital et technologie avait favorisé la création de deux grandes entités: les *consortiums nord et sud* constitués en sociétés simples et regroupant respectivement sept (AGN) et cinq (CGS) firmes spécialisées en travaux souterrains et de génie civil. Chaque groupe avait mis sur pied, lui aussi, sa commission de construction pour définir ses objectifs, élaborer ses stratégies, préciser ses plans et contrôler sa gestion. La planification générale du tunnel, fruit de nombreux pourparlers et échanges d'informations entre partenaires contractuels, cherchait ainsi à *intégrer les objectifs et stratégies du maître et de l'entrepreneur, en respectant le cadre juridique général du contrat d'entreprise*.

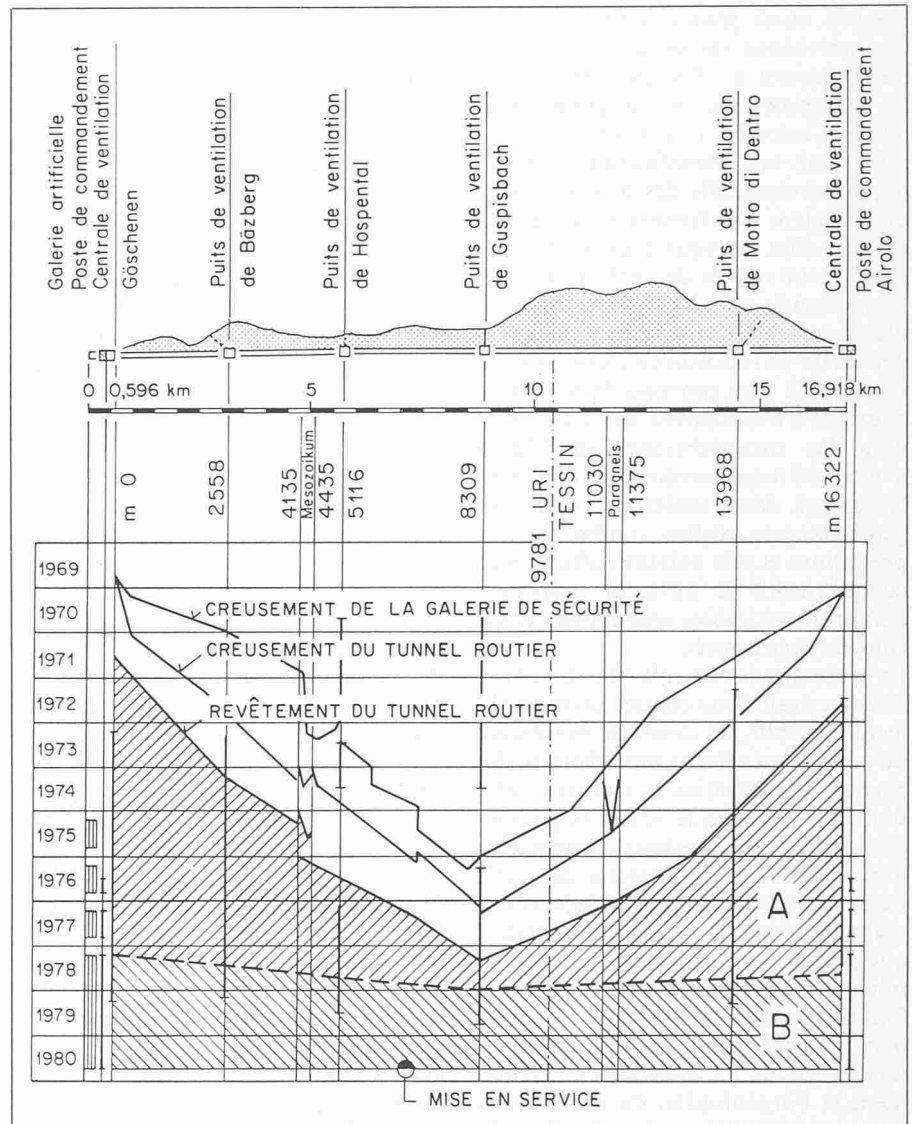


Fig. 1. Déroulement des travaux. A: second-œuvre; B: installations électro-mécaniques

Chacun des chantiers de Göschenen et Airolo comptait quelque 250 à 300 ouvriers et employés, nombre variant selon l'état d'avancement des travaux. Il était dirigé par un ingénieur en chef du chantier coiffant les fonctions de production (creusement, bétonnage, second œuvre et entretien), d'administration (comptabilité, finance, secrétariat et personnel) ainsi que le bureau technique (méthodes et laboratoire). Chacun des trois grands secteurs de la production (I excavation du tunnel et de la galerie de sécurité avec tous les travaux de soutènement; II bétonnage – caniveaux, radier, revêtement, dalle intermédiaire, paroi de séparation, trottoirs et aménagement des centrales; III atelier d'entretien et de réparations, services mécanique et électricité) était placé sous la responsabilité d'un ingénieur et comptait quelque 80 à 100 ouvriers et chefs d'équipe. La fonction administrative, sous-traitée en partie au département financier de l'une des entreprises du consortium comptait néanmoins quelques personnes en permanence sur le chantier et était confiée à un comptable expérimenté.

Les négociations et échanges d'informations entre partenaires se faisaient à différents niveaux. Sur le plan opérationnel (surveillants de chantiers et contremaîtres), ces contacts étaient très structurés et axés sur le court terme. Les ingénieurs responsables de la direction et de l'entreprise élaboraient les plans tactiques à moyen terme. Ils préparaient aussi d'autres variantes à plus long terme, pour lesquelles, lors des négociations techniques et financières, ils avaient le devoir de défendre les stratégies et programmes planifiés par leurs commissions respectives. Enfin d'autres contacts, plus informels, s'établissaient sporadiquement entre les membres des deux commissions et à divers niveaux politiques.

Le contrôle et la planification en cours d'exécution

En se mettant d'accord, en 1969, sur tous les points essentiels du contrat, les cantons et les entreprises avaient défini du même coup la planification de base

appelée aussi *planification de l'offre*. Ces prévisions de délais et de coûts n'engageaient en fait pas directement les entreprises car les programmes et budgets calculés à ce moment se basaient sur une classification géotechnique prévisionnelle des diverses zones qui devaient être franchies par le tunnel. En effet, presque tous les engagements contractuels de l'entreprise – en terme de prix unitaires et de prestations d'avancement journalières – n'étaient définis qu'en fonction de *classes d'excavation* qu'il était convenu de relever au cours de l'avancement des travaux et dont les caractéristiques spécifiques avaient été soigneusement décrites dans le contrat. Ainsi seules les conditions géotechniques réelles combinées aux prestations et prix unitaires offerts pour chaque degré de difficulté pouvaient définir les véritables *programmes et décomptes contractuels*.

Le processus de contrôle de notre planification avait donc comme premier objectif d'établir, en cours de percement du tunnel, un relevé contradictoire des classes d'excavation effectives afin d'obtenir une base de référence pour les calculs d'écarts. Ces classes étaient définies en fonction des mesures de soutènement à mettre en œuvre; cependant, malgré la description aussi quantitative que possible des caractéristiques déterminantes, l'évaluation du degré de difficulté devait parfois aussi tenir compte d'autres critères tels que l'équipement mis en œuvre, les méthodes de creusement et l'organisation du travail, ceci pour présenter, du point de vue technique, un relevé aussi réaliste que possible. Ces évaluations étaient généralement négociées au front même du tunnel, entre l'ingénieur responsable de la direction des travaux et celui de l'entreprise, en présence des contrôleurs de chantier et des contremaîtres. Bien que ce travail put présenter parfois quelques problèmes en cas de désaccord des parties, les marges d'appréciation n'étaient en fait pas si grandes. On définissait par la même occasion toutes les mesures d'ordre technique et de sécurité à prendre.

Ce relevé permettait de dessiner, entre autres, les lignes de progression contractuelles en fonction du temps et de les comparer à celles des prestations effectives. Les projections de ces deux lignes jusqu'à la limite des lots reflétaient l'évolution probable des travaux et de leurs coûts dans l'hypothèse où les moyens mis en œuvre actuellement n'allaient pas être modifiés: elles définissaient aussi les *écarts prévisionnels* (planning gaps). Ces derniers avaient deux causes essentielles: d'abord les éventuels écarts imputables à l'une ou l'autre des parties (difficultés d'ordre

technique ou de gestion, de coordination etc.) et surtout les contraintes ayant trait à l'environnement économique, technologique, politique et social (difficultés de recrutement et forte rotation du personnel, problèmes liés au renchérissement, aux modifications techniques, etc.) En principe les conditions géotechniques se trouvaient intégrées dans les lignes contractuelles, comme nous l'avons vu, ce qui n'excluait toutefois pas certaines surprises au niveau des coûts et des cadences (p.ex. paragneiss et puits de Motto di Dentro au sud, zone d'éboulis et mésozoïque au nord).

Ces divers écarts prévisionnels enregistrés sous forme de retards et de dépassements des crédits étaient analysés et discutés entre partenaires qui, aussi rapidement que possible, mettaient en œuvre des *stratégies correctives*, pour tenter de les combler. Ceci constituait la deuxième phase, en fait simultanée à la précédente, de notre planification durant l'exécution des travaux. Ce feedback sur les programmes et budgets contractuels reprenait le processus complet de la planification à long terme décrite au début de notre article, en se basant sur les dernières données enregistrées: les ingénieurs de la direction et de l'entreprise élaboraient de nouvelles variantes, modifiaient éventuellement les objectifs choisis précédemment et négociaient les stratégies correctives à mettre en œuvre en fonction des engagements des parties et des modifications technologiques et conjoncturelles intervenues. Pour les cas importants, ces décisions devaient être soumises aux commissions de construction respectives et le maître de l'œuvre devait encore les faire entériner par les autorités politiques.

Les résultats de la planification

Le percement du tunnel eut lieu au début 1977 avec deux ans de retard sur les programmes de l'offre. Le second œuvre fut terminé à fin 1978 et le tunnel s'ouvre aujourd'hui à la circulation en septembre 1980, trois ans après la date prévue dans le projet initial. En valeur nominale *les dépassements par rapport aux coûts budgétés en 1969 représentent environ 380 millions de francs.*

Il convient toutefois d'apporter les précisions suivantes concernant ces valeurs:

- le *renchérissement* représente environ 50% des coûts supplémentaires, la comparaison ne pouvant bien sûr se faire qu'entre valeurs exprimées en termes constants;

- de la somme restante, plus des 50% est dû à des *conditions géotechniques* plus défavorables que celles prévues lors de la mise en soumission (lot sud principalement, puits de Motto di Dentro, zone des paragneiss; mésozoïque et zone d'éboulis au nord).

Ces deux causes exogènes d'augmentation des coûts n'entrent pas à proprement parler dans nos écarts qui représentent donc moins de 100 millions de francs, soit *moins de 30% des coûts budgétés*, à imputer au compte d'autres facteurs: adaptations aux derniers développements technologiques (système de contrôle et de sécurité pour l'exploitation), investissements pour le futur second tube, mesures correctives pour éviter d'autres dépassements plus conséquents (déviation du mésozoïque, attaque intermédiaire de Hospental).

On constate de même que les retards par rapport aux programmes initiaux sont dus, avant tout, aux *dépassements des lignes contractuelles par rapport à celles de l'offre* (conditions géotechniques plus défavorables que prévu, au lot sud principalement). D'autres facteurs tels que la réorganisation des méthodes de creusement pour garantir une plus grande sécurité des équipes (avancement en demi-section supérieure), le passage de zones particulièrement délicates, la forte rotation du personnel durant la haute conjoncture du début des années 70 et la conception d'installations plus fiables techniquement ont pu influencer les prestations fournies.

L'effort de la planification fut donc particulièrement efficace durant la réalisation de notre ouvrage. Si l'objectif principal de la méthode a été de chercher, à tout instant, à mettre sur pied des stratégies destinées à combler les écarts prévisionnels par rapport aux plans contractuels, l'accent a été porté, de même, sur l'évaluation continue de l'impact qu'un changement dans l'environnement pouvait avoir sur les décisions à prendre. Ce type de planification a résulté d'une organisation générale suffisamment souple pour pouvoir s'adapter à toutes les occurrences possibles. D'autre part les dirigeants des diverses entités en présence (administrations fédérale et cantonales, entreprises, groupements d'ingénieurs et autres mandataires) ont toujours su faire preuve de volonté, de créativité, de souplesse et surtout d'audace pour prendre à temps, dans le cadre de la planification, toutes les décisions stratégiques nécessaires à la réussite de la construction du tunnel routier du St-Gothard.

Adresse de l'auteur: M. Bourquin, ing. dipl. EPFZ/SIA & dipl. MBA/HEC, Studio d'ingénieria Dott. ing. G. Lombardi, Via A. Ciseri 3, 6600 Locarno