

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 110 (1984)  
**Heft:** 23

## **Sonstiges**

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

d'orientation et de régulation de la concurrence; il s'agit d'arriver à une *autorégulation* trouvant son origine dans l'entreprise elle-même, sans étatisation ni nationalisation. Il s'agit en fait d'une *déontologie* renforcée par des institutions. Cet essor d'un esprit nouveau pourrait se faire à l'échelle de l'Europe, d'où émergerait un nouveau monde au service de la liberté responsable des personnes, pour le plus grand bénéfice des activités culturelles et de loisirs.

Il y a aujourd'hui plus de soucis à se faire pour les chances de formation des apprentis que pour l'Université. Il existe une véritable superstition de l'Université, au détriment des formations para-universitaires, qui ont un besoin urgent d'une totale revalorisation. Prenons l'exemple des métiers du bois: il conviendrait de leur donner une formation comportant une multitude de volets: historique, traitant des plantes et des arbres, des propriétés chimiques du bois, des problèmes économiques et logistiques, de la place du bois dans les styles et les civilisations. Une telle formation contribuerait, en ouvrant l'esprit, à développer le sens du travail dans ces métiers.

De nombreux changements et des prises de conscience fondamentales sont nécessaires dans le monde industriel. La plus grande vigilance doit s'exercer au bénéfice de la culture. Les moyens d'information pourraient se mettre au service de cette évolution, ce qu'ils ne font pas précisément aujourd'hui.

### Réponses à quelques questions de l'auditoire

Il est vrai que la nature offre des exemples de concurrence impitoyable. Appartenant au monde de la nature, nous ne saurions renier la concurrence, mais nous ne sommes pas seulement une part de la nature: nous y ajoutons le pouvoir de l'esprit. Du reste, la conception des droits de l'homme n'est pas contraire à la nature; elle implique que la concurrence soit influencée par l'esprit.

S'il est vrai que les droits de l'homme n'existaient pas dans toutes les cultures ou connaissaient d'autres formes qu'aujourd'hui, l'aspiration de l'homme à une certaine dignité est fort ancienne. On trouve un livre traitant de ce sujet remontant à 3000 ans avant J.-C.

Le paradis sur terre est de toute évidence irréalisable, et de surcroît pas souhaitable. Il ne s'agit que d'introduire un peu de raison pour tempérer la concurrence aveugle<sup>2</sup>. Pour agir dans ce sens, il ne faut surtout pas attendre de tout savoir. Souvenons-nous de la brutalité stupéfiante de la crise, totalement inattendue malgré la prolifération des chaires d'économie dans les universités occidentales.

La sélection scolaire d'après les travaux effectués à l'école est certes imparfaite, mais bien meilleure que la sélection donnée par la naissance (qui, au fond, relève de la sélection naturelle! *Note du chroniqueur*).

Il faut insister sur l'interaction des formidables développements scientifiques et techniques auxquels nous assistons. Le véritable progrès résulte précisément de cette interaction entre des domaines comme l'informatique ou la bio-ingénierie (qui, par exemple, devrait permettre de nourrir sans agriculture les nations sous-développées): si les hommes d'autres continents ont assez à manger, cela constitue pour eux une chance réelle d'accéder à la liberté, tout comme le succès financier de l'entreprise offre aux hommes une meilleure chance de conquérir plus de liberté.

Pour en revenir aux entreprises: les mesures qu'elles prendront dans le cadre de leur stratégie seront jugées sur leur aptitude à développer la personnalité de leurs collaborateurs, et pas seulement sur un bilan économique.

On assiste sans conteste à la naissance d'une sensibilité nouvelle, visant à fixer des limites à la technique. Parallèlement, la conception de la liberté subit d'étranges mutations, par exemple lorsque l'automobile incarne la liberté. Cette dernière revêt une valeur différente selon l'usage qu'on en fait. Pour se distinguer de l'arbitraire, elle doit s'accompagner du sens de la responsabilité. La liberté ne saurait par exemple consister à jouir du résultat du travail des autres.

En tant qu'hommes responsables, nous avons des discussions sur plusieurs niveaux: famille, école, entreprise, entre autres. En tant qu'entrepreneurs, nous

<sup>2</sup> «Pour que refléussent les roses,  
Il suffirait de peu de choses:  
D'un peu d'amour et de raison.»

Raymond Asso

avons malheureusement aussi à communiquer avec des interlocuteurs incapables de s'ouvrir, ou non disposés à la discussion. Comment combler cette lacune? Autrefois, il existait de merveilleux professionnels de la communication: des prêtres compréhensifs à qui l'on pouvait en toute discrétion confier ses problèmes. Aujourd'hui, ce sont des psychiatres, voire des «gourous», qui en ont pris la relève.

Pourquoi vouloir d'emblée *corriger* chez son interlocuteur? Il faut d'abord comprendre, puis conseiller en tant qu'homme, en s'appuyant sur les fondements de la personnalité. Plutôt que de *corriger* d'autorité, il faut *expliquer*. C'est parfois rendre un service aux gens que de leur rappeler que le monde existe encore, en dépit de leurs problèmes!

Les finalités évoquées ici ne sont pas essentiellement occidentales, quoi qu'on puisse penser à les voir bafouées ailleurs, comme par exemple en URSS ou en Iran. L'histoire montre que la violence n'est hélas! pas d'un lieu, mais que partout elle doit être domptée. Le niveau d'une civilisation peut être mesuré au succès avec lequel elle aura réussi à maîtriser la violence.

### Epilogue

Probablement que M<sup>me</sup> Hersch ne se reconnaîtra pas dans les lignes ci-dessus et que l'un ou l'autre de ses auditeurs pourra penser qu'elles évoquent une autre conférence que celle qu'ils ont entendue à Engelberg. La raison en est simple: l'exposé de M<sup>me</sup> Hersch a été senti selon les dispositions de chacun, a suscité des résonances éminemment personnelles. Rien d'étonnant à ce qu'elles se traduisent dans ces lignes.

D'aucuns taxeront d'utopiques les finalités nouvelles proposées par la philosophe genevoise; au fond d'eux-mêmes, toutefois, ils ne pourront s'empêcher de souhaiter qu'elle ait raison. Et personne ne saurait nier qu'un monde où les aspirations fondamentales de l'esprit humain seraient incompatibles avec les buts de l'entreprise serait un monde invivable. Hélas! cet univers excluant l'épanouissement de la liberté individuelle n'est pas un simple cauchemar: il existe aujourd'hui, sous nos yeux, et nous invite à choisir d'autres finalités.

Jean-Pierre Weibel

## Bibliographie

### Portes extérieures en bois

par K. Pracht. — Un vol. 23 × 31 cm, 144 pages, 500 illustrations; Editions Delta Spes, collection «Construction + Architecture», Denges, 1984. Prix: Fr. 65.— (relié sous couverture couleurs).

Certaines portes extérieures en bois ont plus de 100 ans d'âge. Aujourd'hui encore, elles relèvent le défi des portes en matériaux neufs. Et pas seulement pour des raisons économiques: les portes en bois emportent en effet l'adhésion par l'éventail de

possibilités qu'elles offrent, tant au point de vue de leur construction que de leur réalisation, de leurs coloris et de la finition des panneaux, et enfin, en raison du matériau lui-même. Elles s'intègrent à tous les paysages, à tous les bâtiments, quels qu'en soient la destination et le type de construction: maison d'habitation ou bâtiment public, de plain-pied ou à étages, à toit plat ou toit en pente.

Les portes contemporaines doivent être des créations originales. Ce livre s'attache à recenser des solutions nouvelles et à développer des propositions pour une conception saine et une bonne construction des portes extérieures en bois.

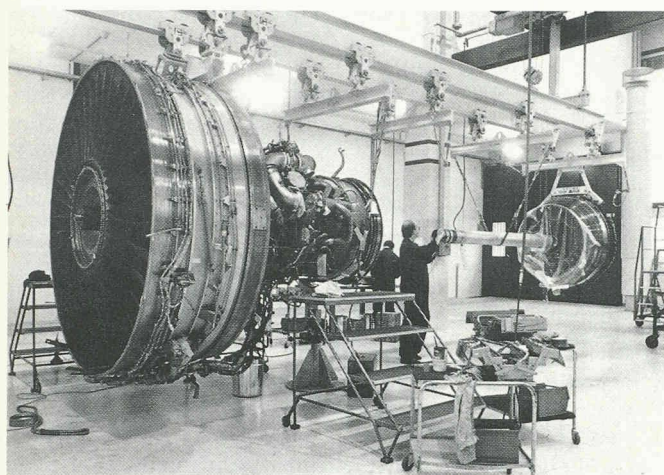
L'auteur, Klaus Pracht, est ingénieur-architecte et professeur de conception, de construction et de dessin à l'Ecole d'architecture de Hanovre.

F. N.



## Industrie et technique

### Réacteur moderne pour gros porteurs chez Swissair



A l'occasion de l'introduction des nouveaux gros porteurs Airbus A310 et Boeing 747-357, Swissair a adapté son atelier de réacteurs, où ont été entretenus les réacteurs des Coronado et qui revise encore les différents réacteurs des DC-9, pour pouvoir effectuer les révisions d'un nouveau type de réacteur, le JT9D-7R4 qui représente ainsi la troisième génération de réacteurs.

Les réacteurs JT9D-7R4 sont utilisés tant sur l'Airbus A310 que sur le Boeing 747-357. Quoiqu'ils se ressemblent à première vue et portent le même nom de famille, ces deux moteurs sont des faux jumeaux qui se distinguent passablement l'un de l'autre. L'un des rejetons de la famille qui, avec ses 45 millions d'heures d'exploitation, a fait ses preuves depuis longtemps, porte le sigle «JT9D-7R4D1» et est installé sur l'Airbus A310. Ses performances sont commandées en partie électroniquement, ce qui est aujourd'hui encore considéré comme une première dans l'aviation commerciale. Son frère jumeau «JT9D-7R4G2» est moins avancé à ce point de vue-là. En revanche, sa poussée est supérieure d'environ 14%, élément combien important pour le Boeing 747-357 qui est plus lourd que le 747-257. Les deux réacteurs ont tout de même bien des choses en commun. D'abord, de nombreuses pièces détachées, voire quelques groupes de composants, sont identiques et donc interchangeables. Grâce à cela, le stock des pièces de rechange est plus petit, avantage indiscutable étant donné les prix actuels! Par rapport à leurs prédécesseurs, les deux réacteurs se distinguent en outre par une consommation de carburant et un niveau de bruit encore plus faible.

#### Technologie et concepts modernes

La soufflante («fan») est la partie la plus frappante du réacteur. La grande roue à aubes fixée à l'avant du réacteur a été améliorée du point de vue aérodynamique par rapport à celle des types précédents. Elle a environ 20% d'aubes en moins, mais celles-ci sont plus larges. Au décollage, la vitesse des extrémités des aubes correspond à 1,3 fois la vitesse du

son. Les écarts entre les aubes mobiles et les aubes directrices fixes ont été modifiés, ce qui accroît d'une part les performances et réduit d'autre part considérablement les nuisances de bruit. Grâce au matériau de première qualité utilisé pour les aubes de turbines, celles-ci supportent des températures d'exploitation plus élevées. De ce fait, le compresseur doit fournir moins d'air de refroidissement. Le volume d'air gagné de la sorte sert à des performances supplémentaires. Grâce à sa structure monocristalline, le nouveau matériau ne présente donc pas de coupures de grain qui puissent l'affaiblir. La solidité du matériau s'en trouve considérablement accrue. Le métal à structure monocristalline est certes encore peu courant dans l'aviation, mais les métallurgistes s'attendent à ce que sa durée de vie soit au moins aussi longue que celle du métal traditionnel, malgré une plus forte mise à contribution des pièces fabriquées avec cette nouvelle matière.

Comme de coutume, un système raffiné d'air de refroidissement est nécessaire pour contrôler les températures élevées dans le réacteur. La nouveauté dans ce contexte est la douche d'air autour du carter turbine. Il est bien connu que le matériel se dilate plus ou moins en fonction de sa composition, de l'effort mécanique et de la température. Le réacteur ne fait pas exception à cette règle, surtout le carter de la turbine dont la paroi est relativement mince. Lorsque cette partie est réchauffée, la fente radiale entre le disque de turbine et l'anneau d'étanchéité s'élargit. La puissance gagnée ailleurs se perdrait ici si le carter de la turbine n'était pas refroidi pendant le vol par de l'air froid provenant du flux de la soufflante.

### Comparaison entre différents réacteurs

Type de réacteur	JT8D-9A	JT9D-7R4D1	JT9D-7R4G2
Constructeur	Pratt & Whitney Aircraft East Hartford, Connecticut (USA)		
Utilisation sur	DC-9-32	A310	Boeing 747-357
Mise en service	1967	1983	1983
Poussée statique max. kg	6568	21778	24835
Régime maximal tours/sec.			
- turbine basse pression	143	64	64
- turbine haute pression	204	133	135
Température max. des gaz			
Chambre à combustion °C	950	1190	1300
Température max. des gaz d'échappement			
Sortie des turbines °C	590	625	660
Consommation de carburant par heure par kg de poussée au décollage	0,56	0,35	0,37
Poids du réacteur kg	1475	4050	4150
Prix à l'état neuf			
Fr.s. mio.	1,2	7,2	8,5

La pénurie mondiale de matières premières contenant du chrome, du cobalt ou du tungstène est à l'origine de diverses innovations dans le secteur du matériel. Ainsi, au lieu de forger les aubes de rotor, on presse la poudre de métal dans un moule de précision à une température très élevée. Cette méthode a bien des avantages par rapport au procédé traditionnel: il est maintenant possible d'utiliser un alliage de nickel, ce qui n'était pas le cas jusqu'à présent pour des raisons de solidité. Ainsi, les pertes de matériel lors de la fabrication d'une aube sont nettement plus faibles.

Le réacteur JT9D-7R4 est conçu de telle sorte qu'il peut être assez facilement décomposé en 12 éléments différents appelés «modules». Chaque module peut être échangé individuellement et en partie aussi interchangé entre les deux types de réacteurs JT9D-7R4D1 et -G2, ce qui présente un double avantage: tout d'abord un concept d'entretien qui repose sur les exigences techniques individuelles du module. Autrefois on décomposait et révisait entièrement tous les réacteurs aux mêmes intervalles fixes, quel que soit leur état. Avec le temps, il est toutefois apparu que la fiabilité technique et la sécurité d'exploitation ne dépendaient pas uniquement du laps de temps s'écoulant entre les révisions.

Cette constatation a permis au début des années soixante-dix de développer une procédure d'entretien plus flexible.

Celui-ci ne fait plus intervenir des durées de fonctionnement uniformes. Pour chaque réacteur on fixe désormais individuellement le moment propice à une révision, en fonction de son état mécanique et de la baisse de son rendement. L'expérience a démontré qu'il était ainsi possible de réduire le nombre des démontages et la charge de travail dans l'atelier sans pour autant porter atteinte à la qualité ou à la sécurité.

Autre avantage: la durée des visites en atelier s'en trouve raccourcie. Les modules sont actuellement échangés selon le principe des unités de montage. Tandis que le réacteur est rendu opérationnel le plus vite possible, le module démonté peut être reconstitué «tranquillement» et préparé pour le prochain réacteur. Dans le cas d'une flotte importante, cela se traduit par une réduction de la réserve de réacteurs.

#### L'informatique appliquée au réacteur

Le concept d'entretien moderne nécessite une surveillance continue de chaque réacteur. Il faut à tout prix détecter les irrégularités avant qu'elles n'aient des inci-







dences sur l'exploitation. Il s'agit aussi de démonter le moins de réacteurs possible et de perturber au minimum le plan de vol tout en évitant l'usure du matériel et la consommation excessive de carburant.

Cette tâche complexe nécessite des investissements importants en matériel et en personnel qualifié. C'est à cet effet qu'a été mis au point un système de surveillance automatique. Tant sur le Jumbo que sur l'Airbus ce système enregistre sur bande magnétique des quantités de données relatives au vol et aux réacteurs. A l'arrivée à l'aéroport d'attache, la bande est sortie de l'enregistreur et dépouillée par le centre informatique de Swissair. C'est là que les données sont évaluées. Ensuite, les résultats parviennent sous forme de courbes de tendances et de listes au centre d'ingénierie des réacteurs, où ils sont analysés. Les données provenant du banc d'essai des réacteurs sont traitées dans un système analogique supplémentaire.

Dans le cas de l'Airbus, qui est plus évolué du point de vue technique, c'est une unité de régulation électronique (Electronic Engine Control/EEC) qui contrôle le débit d'air et la quantité de carburant en fonction des conditions de vol. Résultats: les performances des réacteurs sont optimales. Et ce n'est pas tout: l'EEC surveille les limites opérationnelles du réacteur et évite ainsi toute fatigue excessive du matériel. De plus l'EEC effectue la régulation fine de sorte que la poussée soit toujours la même des deux côtés de l'avion.

#### Premières expériences

Avec des machines toutes nouvelles, il faut toujours s'attendre au début à ce que certains systèmes ou composants présentent quelques problèmes ou tombent en panne. Ces petites imperfections sont comme les maladies infantiles: elles sont en général aussi inévitables qu'innocentes lorsqu'on y remédie rapidement. Cette constatation s'applique aussi aux réacteurs JT9D-7R4 de Swissair.

Dans l'aviation, on utilise couramment comme échelle le taux de dépôt des réacteurs pour 1000 heures de fonctionnement. Ce taux tient compte d'aspects tels que la grandeur de la flotte et

ses performances. A long terme, on vise à obtenir un taux de dépôt de 0,3 pour les réacteurs JT9D-7R4. Autrement dit, on s'attend à une durée d'exploitation moyenne de 3500 heures environ entre deux révisions.

La fiabilité de ces deux réacteurs légers mais puissants est très élevée quand on songe qu'ils tournent jusqu'à 15 heures par jour et 7 jours par semaine! Il suffit d'établir un parallèle entre nos jumeaux et leurs illustres ancêtres, les réacteurs JT9D, pour constater: tels pères, tels fils!

#### Bétonnage à 3000 mètres d'altitude

##### Introduction

Au-dessus de Saas Fee (Valais), on a construit un tunnel incliné d'environ 1780 m de longueur qui va de la station supérieure du téléphérique du Felskinn, située à 2991 m d'altitude, jusqu'à la station terminale de Mittelallalin. Après avoir utilisé le téléphérique Saas Fee-Felskinn, les adeptes du ski d'hiver, comme ceux du ski d'été, peuvent atteindre en toute sécurité une altitude de 3456 m au moyen du funiculaire construit selon le système Abt. Le tunnel, d'un diamètre intérieur de 4,20 m, a été creusé au moyen d'un engin de forage de type Robbins 136-204 avec une pente moyenne de quelque 34% (pente max. 48,07%) en l'espace de dix-sept mois et demi en partie dans des roches très dures, d'une résistance à la compression allant jusqu'à 3000 kg/cm<sup>2</sup> (amphibolite).

Lors du creusement de la galerie, il s'est avéré que la roche était de bonne qualité. Sur de longs tronçons, on a pu renoncer à un revêtement de la roche.

Sous chaque rail de la voie sans traverses du funiculaire sont posées des longrines dont chaque élément de 5 m de long est fixé au moyen de 4 ancrages Aliva. Elles supportent les plaques d'assise des rails. L'entraînement est logé dans la station supérieure. Une galerie relie le point de croisement aménagé en station à la piste de ski partant du glacier du Hohlaub.

Les vingt premiers mètres de la galerie d'accès étaient situés dans le «pergélisol» (sol gelé en permanence), ce qui n'a cependant

Saviez-vous que...

...le diamètre de l'entrée d'air du réacteur JT9D-7R4 mesure 2,3 mètres, ce qui correspond à peu près à la hauteur normale d'un salon?

...lors du décollage, le réacteur avale jusqu'à 620 m<sup>3</sup> d'air par seconde, qu'il pourrait donc aspirer le volume intérieur de deux maisons ayant chacune 130 m<sup>2</sup> de surface habitable?

...seulement 4,6% de ce volume d'air sont nécessaires à la combustion, que le reste sert de masse d'accélération et retourne dans l'atmosphère, intact?

...dans le cas d'un Jumbo qui décolle à pleine charge, le rapport entre la puissance des réacteurs et le poids total de l'avion est environ 8 fois supérieur à celui d'une Opel Rekord 2.0E et seulement 1,5 fois inférieur à celui d'un bolide de course en formule 1?

...le rendement des réacteurs JT9D-7R4 exploités dans des conditions optimales correspond presque à celui du moteur diesel d'une automobile?

...les réacteurs modernes effectuent jusqu'à 6000 heures de vol avant d'être démontés pour des travaux d'entretien? Dans le cas du JT9D-7R4, cela correspond à un laps de temps de 1,5 à 2,5 ans, selon l'engagement des avions.

pas gêné les travaux. Dans les autres parties du tunnel régnaient, suivant l'avancement des travaux, des températures variables. Ainsi, la température à l'intérieur de la galerie inclinée monta jusqu'à + 8°C lors de l'avancement du forage. Après le creusement de la station médiane et celui de la galerie d'accès au glacier du Hohlaub, la température s'est rapidement abaissée un peu au-dessous de 0°C du fait de l'irruption d'air froid. Ces deux températures extrêmes dépendent de l'avancement des travaux, de la saison mais aussi de l'heure du jour. Ainsi, par exemple, durant les belles journées d'été, la température extérieure monte à 25°C mais ne dépasse guère 0°C durant la nuit. Les travaux de consolidation, de revêtement et de pose des voies exigent les mêmes mesures de protection que celles nécessaires pour le bétonnage en hiver sur le Plateau.

#### Organisation du chantier

Un téléphérique pour le transport des personnes est à disposition pour les grosses charges (engins de forage de galeries). L'ancien téléphérique de chantier monté en son temps pour la construction du téléphérique du Felskinn est également à disposition pour la construction du tunnel. L'eau est turbinée par étapes en passant par 4 réservoirs intermédiaires. Dans le tunnel lui-même, on dispose d'un monorail suspendu. Le matériel excavé était évacué par refoulement dans un caniveau en tôle jusqu'à l'entrée de la galerie puis mené de là à la décharge.

#### Adaptation du liant

Dans un tunnel où règnent des températures aussi bien supérieures qu'inférieures à 0°C, le problème de la prise du liant ciment Portland nécessite une grande attention, particulière-

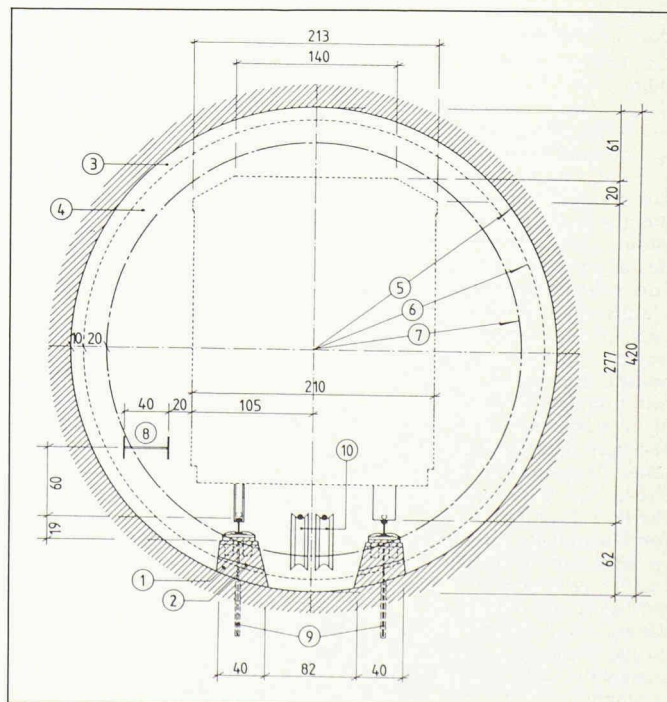


Fig. 1. — Profil normal du tunnel métro-alpin de Felskinn à Mittelallalin au-dessus de Saas Fee: 1. Béton de remplissage Friolite OC— Sikament; 2. Longrine en béton préfabriquée, 5 m de long; 3. Gunite de revêtement selon nécessité; 4. Distance de sécurité aux obstacles; 5. Section totale; 6. Profil éventuellement revêtement; 7. Profil d'espace libre; 8. Escalier métallique; 9. Tirants d'Aliva adhésifs; 10. Galets porteurs du câble.



