

6. ORGANISATION DU PERSONNEL D'EXPLOITATION

6.1 PERSONNEL CHARGÉ DU CONTRÔLE

Le personnel chargé du contrôle (les opérateurs tunnel) doit être très attentif en permanence mais il n'est pas forcément amené à intervenir très fréquemment. En termes de sécurité du tunnel, la toute première tâche est de détecter tout incident aussi rapidement que possible, d'estimer rapidement son emplacement et sa nature puis d'initier la réaction appropriée.

Les opérateurs tunnel doivent être capables de supporter de longues périodes de faible activité, et pouvoir encore réagir immédiatement s'il se produit un incident dans le tunnel.

Il convient maintenant d'examiner le nombre d'opérateurs tunnel nécessaires et la structure de l'équipe.

6.1.1 Nombre d'opérateurs tunnel nécessaires

Si l'on ne considère que l'aspect économique, le nombre d'opérateurs du tunnel doit être aussi réduit que possible. Il est cependant absolument nécessaire de prendre en compte la sécurité des usagers, et donc nécessaire de considérer d'autres facteurs.

Pour définir le nombre d'opérateurs tunnel qui doivent être présents en même temps dans le centre de contrôle, il faut examiner les points suivants :

6. ORGANISING OPERATING STAFF

6.1 CONTROL STAFF

The tunnel operator's normal functional role requires a continuous high level of attention but not necessarily very frequent actions. In terms of tunnel safety, the primary task is to detect any incident at the earliest opportunity and to make quick judgments regarding its location, nature and to initiate the appropriate response.

The tunnel operators have to be able to endure long periods of low activity and still react immediately if there is an incident in the tunnel.

It is now advisable to examine the number of tunnel operators working at the same time and the structure of the team.

6.1.1 Number of tunnel operators working at the same time

If we consider only the economic aspect, the number of tunnel operators has to be the smallest possible. However in tunnel it is absolutely necessary to take into account the safety of the users and it is necessary to consider all other relevant factors.

To define how many operators need to be in a Control Centre at the same time, the various points have to be examined:



- le travail de l'opérateur tunnel : uniquement gestion du trafic ou gestion du trafic et contrôle-commande des équipements,
- les caractéristiques du tunnel (longueur, nombre de voies, bi ou unidirectionnel, etc.),
- la densité du trafic (faible, moyen, élevé),
- le type de centre de contrôle (local ou éloigné),
- le nombre de tunnels à gérer,
- le but et la complexité de l'infrastructure technique à gérer,
- l'assistance fournie par le système de supervision et d'acquisition de données.

La question la plus difficile semble être le nombre de tunnels qui peuvent être gérés par un seul opérateur tunnel. La réponse dépend du type de tunnels (si ce sont des tunnels fortement équipés) et du niveau de trafic (il est plus difficile de gérer un tunnel souvent congestionné). La réponse est également liée à la possibilité pour l'opérateur tunnel d'être aidé par un opérateur tunnel supplémentaire. Il n'est pas souhaitable non plus qu'une personne travaille seule pendant de longues périodes sans pouvoir se faire remplacer pour faire une pause, se rafraîchir, etc.

Cela dit les propositions suivantes peuvent être faites :

- pour un tunnel de très grande longueur, fortement équipé, un opérateur est nécessaire 24 heures sur 24 pour gérer le trafic et un autre pour le contrôle technique (il est quelquefois possible d'avoir un seul opérateur avec possibilité d'un renfort immédiat en cas d'incident majeur ; deux opérateurs peuvent également se remplacer l'un l'autre) ;
- pour les tunnels (fortement équipés) situés en zone urbaine, la proposition précédente est valable s'il n'y a pas plus de trois tunnels. Si le nombre de tunnels est supérieur à trois, il semble nécessaire d'avoir deux opérateurs tunnel 24 heures sur 24 pour gérer le trafic et un opérateur technique pour assurer le contrôle-commande des équipements. Ainsi, en cas d'incident majeur, un opérateur trafic et l'opérateur technique géreront l'incident et le second opérateur trafic contrôlera l'ensemble du trafic ;
- pour les tunnels (fortement équipés) situés en zone non urbaine, s'il n'y a pas plus de quatre tunnels, un opérateur est nécessaire 24 heures sur 24 pour gérer le trafic (tunnels et réseau) et un autre pour le contrôle technique (il est parfois possible de n'avoir qu'un seul opérateur si un renfort est immédiatement disponible en cas d'incident majeur). Mais si le nombre de tunnels est supérieur à quatre, il semble nécessaire d'avoir deux opérateurs 24 heures sur 24 pour gérer le trafic et un troisième pour gérer les équipements. En cas d'incident majeur, un opérateur trafic et l'opérateur technique géreront l'incident et le second opérateur trafic gèrera l'ensemble du trafic.

- the job of the tunnel operator: only traffic management or traffic & equipment management;
- the characteristics of the tunnel (length, number of lanes, bi or uni directional, etc.);
- the density of traffic (low, medium, high);
- the type of control centre (local or remote);
- the numbers of tunnels to be managed;
- the scope and complexity of the technical infrastructure to be managed;
- the help provided by the SCADA system.

The more difficult question seems to be how many tunnels can be managed by one operator. The answer is related to the type of tunnels (if there are tunnels with a lot of equipment) and to the level of traffic (it is more difficult to manage a tunnel with high traffic congestion). The answer is also linked with the possibility for the tunnel operator to have extra operator to help him. It is also undesirable to have one person working alone for long periods without any cover for breaks, refreshment, etc.

However it seems possible to provide some proposals:

- for a very long tunnel with a lot of equipment one operator is needed 24 hours per day to manage the traffic and another for technical control (it is sometimes possible to have only one operator with a possibility of immediate reinforcement in case of a major incident; two operators can also cover each other);
- for tunnels (with a lot of equipment) located in urban areas, if there are not more than three tunnels the previous proposal is good. But if there are more than three tunnels it seems necessary to have two traffic operators 24 hours per day to manage the traffic and the third to manage the technical control. So, in case of a major incident one traffic operator and the technical operator will manage the incident and the second traffic operator will control all the traffic;
- for tunnels (with a lot of equipment) not located in an urban area, if there are not more than four tunnels, one traffic operator is needed 24 hours per day to manage the traffic (tunnels and network) and another for the technical control (it is sometimes possible to have only one operator if immediate reinforcement is available in case of a major incident). But if there are more than four tunnels on the network it seems necessary to have two operators 24 hours per day to manage the traffic and the third to manage the equipments. In case of a major incident one traffic operator and the technical operator will manage the incident and the second traffic operator will control all the traffic.



6.1.2 Structure de l'équipe

Différentes sortes de structures peuvent exister :

- un chef d'équipe peut ne pas être directement en charge de la gestion du trafic ou de la gestion technique, mais être chargé de l'encadrement de l'équipe (contrôle des heures de travail, formation, tâches administratives, etc.) ;
- un opérateur peut être chargé de la gestion de l'équipe ou bien tous les opérateurs ont une autonomie suffisante (et donc n'ont pas besoin d'un chef d'équipe).

Le tableau ci-dessous résume les avantages et les inconvénients de chaque structure.

Figure 4 - Avantages/inconvénients de chaque structure

	Avantage(s)	Inconvénient(s)
Avec un chef d'équipe	La personne qui doit prendre les décisions est clairement identifiée	Aspect financier
Tous les opérateurs ont le même niveau hiérarchique	Tous les opérateurs sont totalement interchangeables	Risque de conflit dans la prise de décision
Un opérateur a un niveau hiérarchique supérieur (opérateur « senior ») à celui des autres opérateurs	La personne qui doit prendre les décisions est clairement identifiée	Les tâches de l'opérateur « senior » doivent être définies très précisément Dispositions de travail moins souples

Si, dans une équipe, le nombre d'opérateurs est supérieur à 3, il est fortement recommandé de désigner un chef d'équipe ou un opérateur senior.

► 6.2 PERSONNEL DE MAINTENANCE

Aucun exploitant ne dispose en interne de l'ensemble des ressources et des compétences nécessaires pour entretenir un tunnel. Certaines activités sont sous-traitées. L'importance des tâches sous-traitées dépend beaucoup du personnel de maintenance (nombre et compétence) dont l'exploitant peut disposer ; il dépend aussi de la complexité et de la nature des équipements installés et des compétences techniques requises.

D'une façon très générale, pour un nombre et une complexité d'équipements donnés, le responsable du tunnel peut se trouver face à deux situations : soit il dispose d'un effectif d'agents de maintenance donné et il développe les

6.1.2 Structure of the team

Different types of structures can exist:

- It is possible to have a team leader who is not actively in charge of traffic management or engineering management but he is in charge of the management of the team (control of work hours, training, administrative tasks etc.);
- Other possibilities are that one tunnel operator is in charge of the management of the team or that all the tunnel operators have a sufficient autonomy (and they don't need a team leader).

The table below summarizes the options with the advantages and disadvantages appropriate for each structure.

Figure 4 - Advantages/Inconvenients of each structure

	Advantage(s)	Disadvantage(s)
Team Leader	The person who has to make the decisions is clearly identified	Financial aspect
All the tunnel operators have the same hierarchical level	All the tunnel operators are totally interchangeable	Risk of conflict in decision making
One of the tunnel operators has a hierarchical level superior (« senior » operator) to the other operators	The person who has to make the decisions is clearly identified	The tasks of the « senior » operator has to be defined very precisely Less flexible working arrangements

In a team; if there are more than 3 operators a team leader or a senior operative is strongly recommended.

► 6.2 MAINTENANCE STAFF

No Tunnel Operating body internally provides all of the maintenance resources and skills necessary for a tunnel. Parts of these activities are subcontracted. The use of subcontracting is strongly linked to the maintenance staff (number and competence) which the Tunnel Operating body can practically and economically fully employ and it also depends on the complexity and the nature of the installed equipment and the specialist skills required.

Very generally, the operation manager can for a given quantity and complexity of equipment make two types of arrangement; either he has a given maintenance staff and he adapts his maintenance strategy to develop his existing resources



ressources et compétences existantes par la formation, soit il établit une stratégie d'appel à la sous-traitance et il fait appel à des sous-traitants ayant les compétences requises.

Selon la part de maintenance sous-traitée, l'effectif du personnel affecté à la maintenance peut varier fortement selon le nombre et la complexité des tâches. Si le responsable du tunnel sous-traite peu de tâches, les agents de maintenance peuvent être très nombreux. Pour certains équipements assurer certaines interventions vitales 24 heures sur 24 demande cinq à sept personnes pour chaque spécialité concernée.

Une stratégie de maintenance qui fait appel à la sous-traitance, réduit la maîtrise technique sur les équipements, car toutes les tâches sous-traitées ne sont pas de la compétence du personnel de l'exploitant. Cependant, il faut indiquer que, même si un grand nombre de tâches de maintenance sont sous-traitées, il est nécessaire d'avoir du personnel suffisamment compétent pour assurer un contrôle technique et financier des sous-traitants. Il faut pouvoir couvrir au moins les quatre domaines de compétences que sont la mécanique, l'électricité, l'électronique et le génie civil.

Lorsque le responsable du tunnel a la possibilité d'embaucher du personnel avec des compétences techniques très spécialisées, il peut définir sa stratégie selon les trois approches suivantes :

- pour l'ensemble des équipements, effectuer avec son personnel de maintenance les tâches de moindre compétence et sous-traiter les niveaux les plus spécialisés (voir [figure 5, page suivante](#)) ;
- utiliser un sous-traitant pour un ou plusieurs types d'équipements (voir [figure 6, page suivante](#)) ;
- combiner les deux solutions précédentes (voir [figure 7, page suivante](#)).

Lors du choix d'un sous-traitant, il est recommandé de vérifier son expérience, sa capacité et sa compétence avant même de voir son prix.

and competences which can be acquired by training or he develops a strategy of subcontracting and employs subcontractors with the required competences.

According to the proportion of subcontracted maintenance, the size of the maintenance staff will vary in proportions which can increase from simple to large and complex. If the operation manager subcontracts a few tasks, the size of maintenance staff can be extremely large. The need to have some key functions provided 24x7 requires five to seven persons for each job.

A strategy of subcontracting for the maintenance provides reduced direct control over the equipment because there is subcontracting of all the tasks which require resources and competence which the operator's staff lacks. It is however necessary to indicate that, even if a lot of maintenance tasks are subcontracted, it is necessary to have sufficient competent staff to carry out the technical and financial control of subcontractors. The minimum number of skill areas required for this is about four, covering the principal areas of mechanical, electrical, electronics/systems engineering and civil works.

When the operation manager is able to look for staff with very specialized technical competences he can define his strategy according to the following three approaches:

- for all the equipment, carry out with his maintenance staff the lower skill levels of maintenance and subcontract the more specialist levels ([see figure 5, next page](#));
- use of a subcontractor on one or more type of equipment ([see figure 6, next page](#));
- mix the two previous solutions ([see figure 7, next page](#)).

To choose a subcontractor, it is recommended to verify his experience, ability and skills before negotiating on the price.



Figure 5 - Sous-traitance par niveau d'entretien

		Type d'équipement (Liste non exhaustive)					
		Alimentation en courant et distribution	Éclairage	Ventilation	Télévision	Radio	Etc.
Niveaux de technicité	1						
	2	Sous-traitant					
	3 (élevé)	Sous-traitant					

Figure 6 - Sous-traitance par type d'équipement

		Type d'équipement (Liste non exhaustive)					
		Alimentation en courant et distribution	Éclairage	Ventilation	Télévision	Radio	Etc.
Niveaux de technicité	1	Sous-traitant			Sous-traitant		
	2	Sous-traitant			Sous-traitant		
	3 (élevé)	Sous-traitant			Sous-traitant		

Figure 7 - Sous-traitance mixte

		Type d'équipement (Liste non exhaustive)					
		Alimentation en courant et distribution	Éclairage	Ventilation	Télévision	Radio	Etc.
Niveaux de technicité	1				Sous-traitant		
	2	Sous-traitant			Sous-traitant		
	3 (élevé)	Sous-traitant		Sous-traitant	Sous-traitant		

La plupart des stratégies retenues par les responsables de tunnels sont mixtes : par niveau de compétence combiné avec les familles d'équipement. De nombreux responsables de tunnel effectuent en interne une maintenance de premier niveau. Il est évident que cela ne requiert pas une compétence professionnelle élevée ; ce qui explique que, mis à part le nettoyage, ces tâches sont rarement sous-traitées.

Il dépend de la complexité des installations et de l'expérience professionnelle du personnel que les agents d'entretien effectuent des tâches de compétence plus élevée. Si un responsable de tunnel peut justifier l'emploi direct d'un personnel suffisant et compétent, il sous-traitera beaucoup moins qu'avec un personnel moins nombreux et moins expérimenté.

Figure 5 - Subcontracting by maintenance levels

		Type of equipment (non exhaustive list)					
		Power supplies and distribution	Lighting	Ventilation	Television	Radio	Etc.
Maintenance Skill Levels	1 (low)						
	2	Subcontract					
	3 (high)	Subcontract					

Figure 6 - Subcontracting by type of equipment

		Type of equipment (non exhaustive list)					
		Power supplies and distribution	Lighting	Ventilation	Television	Radio	Etc.
Maintenance Skill Levels	1 (low)	Subcontract					
	2	Subcontract					
	3 (high)	Subcontract					

Figure 7 - Mixed subcontracting

		Type of equipment (non exhaustive list)					
		Power supplies and distribution	Lighting	Ventilation	Television	Radio	Etc.
Maintenance Skill Levels	1 (low)				Subcontract		
	2	Subcontract			Subcontract		
	3 (high)	Subcontract		Subcontract	Subcontract		

Most of the strategies employed by the operation managers use a combined approach both by skill level and by the variety of equipment. Many operation managers internally carry out basic maintenance of "first low level". Indeed, this maintenance does not require a high professional skill; this explains that with the exception of major cleaning these tasks are very rarely subcontracted.

When maintenance agents carry out tasks of higher skill levels it depends on the complexity of the installations and the professional skill of the staff. If an operation manager can justify directly employing sufficient and competent maintenance staff, he will subcontract much less than if he has a smaller and lower skilled staff. In the tunnel management structures created recently, if it is possible to recruit the



Dans le cadre des structures d'exploitation créées récemment, quand il est possible de recruter le personnel nécessaire, la tendance est de :

- sous-traiter les grosses interventions de nettoyage, mais conserver toutes les tâches d'inspection visuelle et la vérification de l'état des équipements ;
- sous-traiter l'ensemble de la maintenance des équipements les plus complexes (surveillance électronique, radio, bases de données, etc.) ;
- sous-traiter les tâches de niveau élevé pour les principaux équipements (ventilation, alimentation en courant, etc.) ;
- conserver l'entretien de premier et de second niveau des principaux équipements
- conserver la gestion et la supervision des sous-traitants en ayant un personnel réduit mais suffisamment qualifié en suivi de sous-traitance.

Quelle que soit la stratégie employée, il existe trois exigences que le responsable du tunnel doit garantir :

- Culture de sécurité. La sécurité de l'infrastructure du tunnel, des usagers et des employés dépend d'une culture de sécurité forte, mis en oeuvre par l'exploitant du tunnel et acceptée et partagée par tous les partenaires impliqués. Des analyses de risques doivent permettre de spécifier des normes de sécurité élevées et d'avoir des systèmes de travail sécurisés. Ceci inclut les procédures de sécurité pour les interventions courantes ainsi que pour les interventions d'urgence.
- Disponibilité et réaction. Les tunnels fonctionnent 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et dépendent fortement d'une bonne disponibilité ainsi que des performances des équipements critiques. Les temps de réaction pour réparer ou remplacer les équipements défectueux doivent être spécifiés et respectés, en fonction de leur caractère critique.
- Archives. Le responsable de la maintenance doit créer et conserver une base de données complète de tous les équipements et, pour chacun, un historique détaillé en termes d'interventions, de défauts et de réparations. L'ensemble du personnel de maintenance, y compris les sous-traitants, doit être assujéti à ce système, quelles que soient les dispositions que le responsable du tunnel considère comme étant les plus appropriées vis-à-vis de leurs engagements contractuels.

necessary staff, the tendency is to:

- subcontract the major cleaning but retain all the tasks of visual inspection and checking of the condition of equipment;
- subcontract the total maintenance of the most complex equipment (electronic surveillance, radio broadcast, data bases etc.);
- subcontract the tasks of level 3 for the more major equipment (ventilation, power supply etc.);
- retain the first and second level maintenance of the major equipment;
- retain management and supervision of the subcontractors by having a reduced but sufficiently qualified maintenance supervision staff.

Whatever the strategy employed, there are three critical factors which must be guaranteed by the tunnel management:

- Safety culture. The safety of the tunnel infrastructure, tunnel users and tunnel employees and contractors depends on the strong safety culture being driven by the tunnel management and being accepted and shared by all partners involved. High workmanship and safety standards must be specified and documented by risk assessments and safe systems of work. This includes safety procedures for both normal and emergency operations.
- Availability and response. Tunnels operate 24x7 and are highly dependent on reliable availability and performance of critical equipment. Response times to repair or replace faulty equipment must be specified and adhered to, according to the critical nature of the problem.
- Records. The maintenance manager must create and keep a comprehensive database of all tunnel equipment (assets) and for each asset a fully detailed asset history in terms of maintenance, faults and repairs. All maintenance personnel both internal and subcontracted must be locked in to such a system by whatever arrangements the tunnel management consider most appropriate to their contractual and working arrangements.