

Questions d'actualité en matière de sûreté des centrales nucléaires: prologue à une conférence internationale

par M. Rosen et R. Schmidt

L'accident de Three Mile Island (Etats-Unis) a conduit de nombreux pays à faire un bilan détaillé de la sûreté de leurs centrales nucléaires. Ces investigations donnent leurs premiers résultats et révèlent les sujets de préoccupation actuels dans ce domaine. Il s'agit en particulier des aspects suivants: sécurité d'exploitation, notamment compétence du personnel exploitant et des cadres et relations homme-machine; préparation aux situations d'urgence et plans d'intervention; critères du choix des sites; améliorations et modifications de la conception des centrales et diverses possibilités de coopération internationale. En vue d'élucider, de discuter ces questions importantes et d'y faire le point, l'Agence internationale de l'énergie atomique organisera du 20 au 24 octobre 1980 à Stockholm (Suède) une conférence internationale sur les questions d'actualité en matière de sûreté des centrales nucléaires. Cet article présente un certain nombre des thèmes qui seront traités au cours de cette réunion.

GENERALITES

A l'heure actuelle, 22 pays exploitent 235 centrales nucléaires qui fournissent 7% de l'électricité mondiale. Compte tenu des centrales actuellement en construction, ces pays seront au nombre de 35 d'ici 1990; à cette date, 540 réacteurs de puissance totalisant une puissance de 400 000 MW(e) (voir figure 1) satisferont à environ 15% de la demande d'électricité. Depuis plus de 20 ans que l'énergie nucléaire est exploitée à l'échelle commerciale, elle n'a eu aucun effet néfaste sur la santé du public.

En général, la radioactivité dégagée lors des quelques rares incidents relativement graves qui se sont produits a été entièrement contenue dans les limites des centrales. En fait, le principe de protection en profondeur appliqué à Three Mile Island, c'est-à-dire l'interposition de barrières multiples entre la radioactivité et l'environnement, a permis d'assurer un confinement presque total des matières radioactives dans l'enceinte de la centrale. Quoiqu'il en soit, l'accident du 28 mars 1979 a alerté l'opinion internationale et mis en lumière les risques de dégagement de radioactivité dans l'environnement en cas d'accidents graves dans les centrales nucléaires. De ce fait, les questions de sûreté sont passées au premier plan des débats sur l'énergie nucléaire. Il est certain que le rôle de l'énergie nucléaire dans le monde de demain dépendra de la confiance des milieux responsables et du public dans la sûreté de conception, de construction et de fonctionnement des centrales nucléaires.

Moins d'un an après l'accident de Three Mile Island, la révision complète de la sûreté des centrales nucléaires à laquelle ont procédé de nombreux pays commence à porter ses fruits.

M. Rosen est Directeur adjoint de la Division de la sûreté nucléaire et de la protection de l'environnements de l'AIEA; M. Schmidt est membre de la Division de l'énergie d'origine nucléaire et des réacteurs de l'AIEA.

**NOMBRE DE CENTRALES
EN FONCTIONNEMENT**

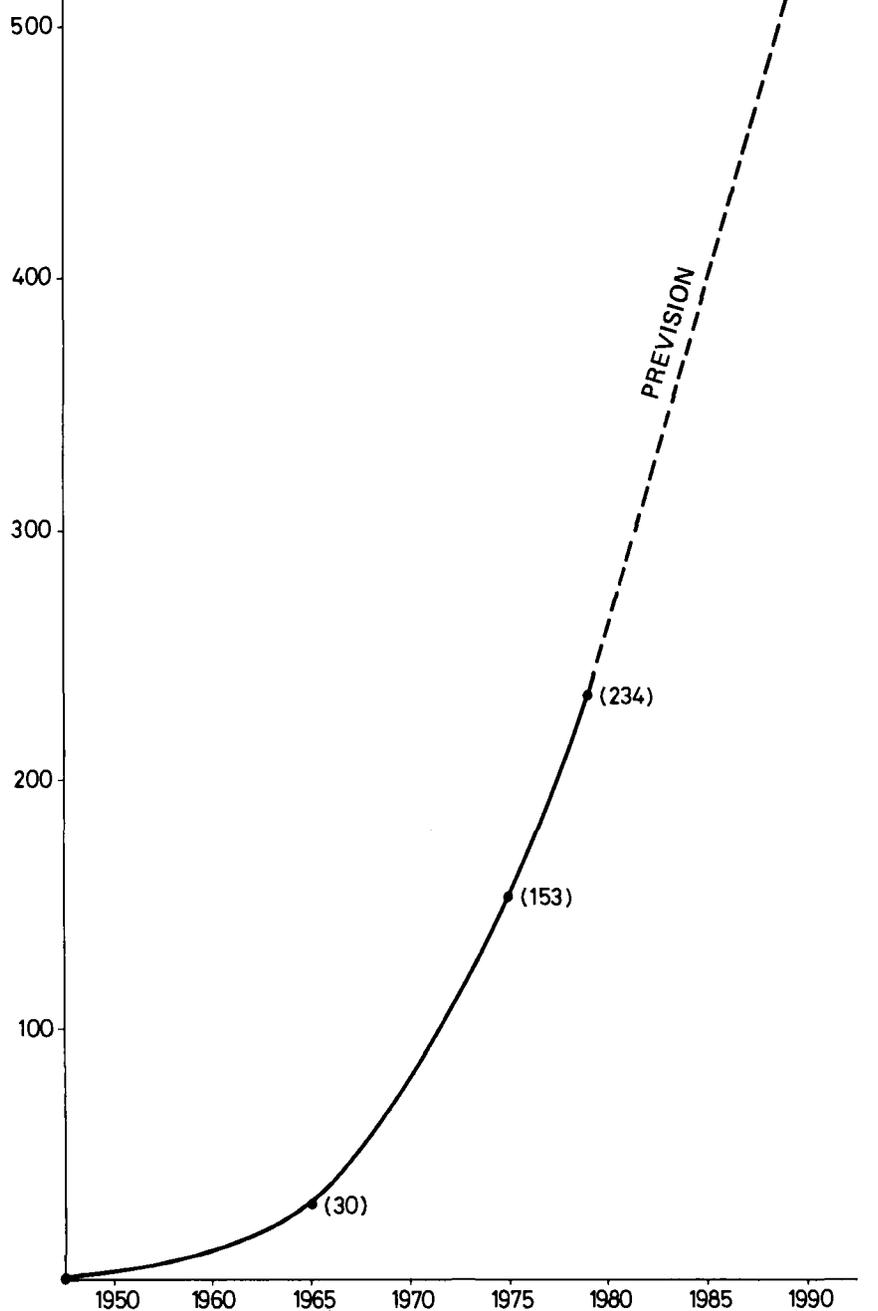


Figure 1. Les centrales nucléaires dans le monde.

Afin d'offrir un cadre où puissent être présentés les points de vue les plus courants en matière de sûreté nucléaire, l'AIEA a décidé d'organiser une conférence internationale où seront précisés, discutés et évalués les problèmes les plus importants dans ce domaine. Cette conférence fera le bilan des connaissances et de l'expérience acquises par la communauté internationale en plus de 20 ans d'exploitation commerciale de l'énergie nucléaire. Elle comprendra une assemblée plénière où des hauts fonctionnaires et des planificateurs feront une présentation générale, et des séances d'intérêt plus particulier qui traiteront d'informations supplémentaires et explicatives plus détaillées (voir figure 2).

Parmi les nombreuses questions de sûreté qui pourront être choisies, priorité sera donnée aux plus urgentes et aux plus importantes, c'est-à-dire, sans doute, aux aspects suivants:

- Sûreté de fonctionnement
- Préparation aux situations d'urgence et plans d'intervention
- Critères du choix des sites
- Modifications et améliorations de la conception des centrales
- Coopération internationale

Figure 2. Thèmes de la Conférence internationale sur les questions d'actualité en matière de sûreté des centrales nucléaires, Stockholm, 20–24 octobre 1980.

Structure de la conférence

La Conférence comprendra des séances plénières (où seront présentés uniquement des rapports généraux), des tables rondes et, parallèlement, des séances techniques où seront présentés des mémoires.

Liste des sujets

- Evaluation des incidents nucléaires importants et répercussions de ces incidents sur les programmes nucléo-énergétiques
- Tendances actuelles des réglementations nationales en matière d'énergie nucléaire et des programmes de recherche sur la sûreté
- Tendances de la conception des centrales et analyse des accidents en vue d'accroître la sûreté
- Exploitation des centrales nucléaires: accroissement des responsabilités de direction, qualifications et formation du personnel exploitant
- Préparation aux situations d'urgence sur place et à l'extérieur des centrales
- Coopération internationale pour la diffusion de données d'expérience, l'élaboration de normes, la coordination de la recherche sur la sûreté, l'assistance en cas d'urgence et le rôle actuel et futur des organisations internationales
- Présentation de mémoires sur certains aspects de la sûreté (voir ci-dessous)

Mémoires devant être présentés aux séances techniques sur les sujets suivants

- Eléments d'évaluation des incidents et accidents et mesures d'urgence correspondantes
- Conception de systèmes de pointe en matière de sûreté
- Conception de l'équipement du point de vue de l'efficacité de fonctionnement en cas d'urgence
- Formation du personnel d'exploitation à la prévention des accidents et à la limitation de leurs conséquences
- Accidents dus à de petites fuites de fluide de refroidissement
- Caractéristiques et adéquation du matériel de sûreté
- Progrès réalisés dans l'instrumentation intervenant pendant et après les accidents
- Théorie de la radioprotection à la lumière de l'expérience récente

SECURITE DE FONCTIONNEMENT

Du point de vue de la protection du public, le bilan des 1800 années de fonctionnement que représente au total l'exploitation commerciale des 235 centrales nucléaires existant dans le monde est positif. Comme on peut s'y attendre dans tout système complexe, il s'est produit des défaillances du matériel et des erreurs humaines. Cependant on peut considérer que, du point de vue de la sûreté radiologique, presque tous les accidents qui se sont produits ont eu relativement peu d'importance car ils ont surtout entraîné des problèmes d'exploitation et des pertes du point de vue économique mais ils n'ont eu aucun effet sur la santé. Par contre, ils apportent de précieux enseignements car leur étude peut aider à en mieux comprendre les causes et à prévenir des accidents plus graves (voir le tableau 1).

Tableau 1. Quelques-uns des principaux incidents survenus dans des centrales nucléaires

Année	Centrale	Cause	Résultat
1966	Fermi (Etats-Unis – 60 MW(e))	Erreur de conception	Détérioration du cœur
1969	St. Laurent (France – 500 MW(e))	Erreur humaine	Détérioration du cœur
1974	Wuergassen (République fédérale d'Allemagne – 640 MW(e))	Erreur humaine Défaillance de l'équipement Erreur de conception	Détérioration de l'enceinte de confinement
1975	Brown's Ferry I et II (Etats-Unis – 1100 MW(e))	Erreur humaine	Importante détérioration de l'équipement
1979	Three Mile Island (Etats-Unis – 900 MW(e))	Erreur humaine Défaillance de l'équipement Erreur de conception	Détérioration du cœur
1979	Oyster Creek (Etats-Unis – 650 MW(e))	Défaillance de l'équipement Erreur de conception	Possible mise à nu du cœur

Bon nombre d'accidents qui se sont produits jusqu'à présent ont pour point commun l'importance décisive des facteurs humains. Dans bien des cas, l'erreur humaine était directement à l'origine des accidents et a joué un rôle déterminant dans la succession des événements. L'accident de Three Mile Island était l'aboutissement d'un ensemble complexe de facteurs (défaillances de l'équipement, erreurs de conception et erreurs de

personnel d'exploitation), mais il a surtout révélé que, à tous les niveaux et dans tous les secteurs de l'industrie nucléaire, on n'avait pas attaché assez d'importance à la sûreté d'exploitation et peut-être, en particulier, à l'élément humain et à son rôle fondamental quant à la prévention et à la limitation des accidents. Jusqu'alors on s'était surtout concentré sur la sûreté au stade de la conception.

Les enseignements les plus importants concernent donc la sûreté d'exploitation en général, et notamment:

- le rôle du personnel de direction et du personnel technique,
- la compétence et la formation du personnel d'exploitation,
- l'adéquation des opérations prévues en cas d'urgence,
- l'évaluation et la mise à profit de l'expérience d'exploitation,
- les relations homme-machine.

Dans la plupart des pays, la production d'énergie d'origine nucléaire dépend des mêmes services publics que les moyens conventionnels de production d'électricité. L'énergie d'origine nucléaire exige cependant une gestion particulièrement attentive et des compétences spéciales du personnel exploitant, ainsi que d'importantes équipes de scientifiques et d'ingénieurs techniquement qualifiés. Dans un certain nombre de pays, les qualifications et la formation des opérateurs de réacteurs font actuellement l'objet d'une révision approfondie et on s'attache à définir plus clairement la nature de la formation requise. A l'avenir, celle-ci fera plus largement appel à des simulateurs de réacteurs, dont les programmes comporteront un plus grand nombre d'incidents. En ce qui concerne les relations homme-machine, on reconnaît l'importance de la conception de la salle de contrôle et on étudie des aspects tels que l'adéquation des informations fournies à l'opérateur, le groupement des indicateurs visuels et la configuration des tableaux de contrôle, ainsi que la communication entre la salle de contrôle et l'extérieur. La question du choix entre mode manuel ou automatique de commande du système de sûreté se repose actuellement en fonction de la succession d'incidents de Three Mile Island.

PREPARATION AUX SITUATIONS D'URGENCE ET PLANS D'INTERVENTION

En cas d'accident grave, les mesures finales à prendre pour parer à un dégagement de radioactivité doivent être prévues dans le cadre d'un véritable programme d'intervention et de préparation. En fait, cet aspect n'a pas suffisamment retenu l'attention des responsables de l'industrie nucléaire ni des gouvernements. Les ressources et les crédits qui lui ont été consacrés représentent certainement un pourcentage relativement faible par rapport aux crédits accordés à la construction, à l'exploitation et à l'entretien des installations nucléaires. Il existe de nombreuses raisons à cela, mais il va sans dire qu'à la suite de l'accident de Three Mile Island cette situation est en train de changer.

Divers types de plans d'intervention ont été prévus pour la plupart des centrales nucléaires et leur environnement. A Three Mile Island de tels plans existaient pour la centrale elle-même, ainsi qu'aux niveaux des autorités fédérales, de l'Etat et locales. Ces plans prévoyaient des mesures d'urgence à prendre sur place pour protéger le personnel et l'équipement de la centrale, ainsi que des mesures d'urgence à prendre à l'extérieur de la centrale afin de protéger le public et les environs. Ils se sont toutefois révélés insuffisants. On n'avait pas envisagé une situation d'urgence réelle dans toute sa complexité. Les mécanismes susceptibles d'intervenir n'avaient pas tous été clairement désignés et leurs responsabilités n'avaient pas été clairement définies. Les procédures d'alerte, les moyens de communication et l'information du public étaient insuffisants. L'obtention du matériel et des services a posé des problèmes et l'une des leçons les plus évidentes est qu'il faut savoir à l'avance ce dont on a besoin et où se le procurer.

Figure 3. Phases d'un accident nucléaire

Phase	Planification et préparation	Immédiate Accident	Intermédiaire Evaluation	A long terme Rétablissement
Durée	Plusieurs années	De quelques secondes à plusieurs heures	De quelques minutes à plusieurs jours	De plusieurs jours à plusieurs années
Action	Evaluation des ressources: Hommes Matériel Services	Utilisation des ressources et moyens locaux	Utilisation des ressources locales et internationales	

On s'efforce actuellement, tant au niveau national qu'au niveau international, d'élaborer des plans d'intervention efficaces et de mieux se préparer à ce genre de situation. L'AIEA a accéléré son programme visant à définir les modalités de fourniture, dans les meilleurs délais, des ressources spéciales (hommes, matériel et services) qui peuvent être nécessaires pour mieux faire face à un accident nucléaire. Comme le montre la figure 3, la planification des mesures à prendre en ce cas comprend quatre phases.

Il est possible, pour chacune de ces phases, de déterminer précisément les ressources nécessaires en hommes, matériel et services, et d'établir un programme pour obtenir et utiliser ces ressources de manière à maîtriser parfaitement la situation.

CRITERES DU CHOIX DES SITES

Les pays qui ont mis sur pied des programmes d'exploitation commerciale de l'énergie nucléaire ont commencé par choisir des sites généralement éloignés des zones fortement peuplées. Etant donné leur expérience d'exploitation satisfaisante et leurs progrès techniques, certains de ces pays ont choisi des sites plus proches de zones relativement peuplées. Comme l'indique la figure 4, différentes politiques ont été appliquées dans ce domaine. Certains pays ont établi des zones d'habitation interdite et des zones d'habitation restreinte où la densité d'habitation doit rester peu élevée. Les critères adoptés peuvent comporter des limites de doses potentielles d'irradiation individuelles et collectives.

En général, les sites des centrales nucléaires sont étudiés de plus près et de façon plus restrictive que ceux d'autres types d'installations industrielles. Pour les centrales nucléaires, les effets radiologiques éventuels sur les habitants de la région avoisinante sont évalués aussi bien dans des conditions normales de fonctionnement que dans l'hypothèse d'un accident. Les conséquences d'un dégagement grave de radioactivité ne dépendent pas seulement de la répartition de la population mais aussi de la météorologie, de la topographie et des activités économiques et sociales de la zone avoisinante. L'étude de site doit tenir compte non seulement du nombre total d'habitants à proximité immédiate des installations, mais également du nombre d'habitants dans les zones voisines, en particulier dans les secteurs placés sous les vents dominants. La circulation, les voies de communication

Figure 4. Exemples de politiques nationales de choix des sites

Pays	Zone d'habitation	Zone d'habitation restreinte	Remarques
Canada	1 km		Il est également tenu compte des limitations de doses individuelles et collectives
Tchécoslovaquie	0,5 km		Valeur type
Inde	1,6 km	5 km	Aucune agglomération de plus de 16 000 habitants à moins de 16 km dans la direction des vents dominants
Italie	0,8—1 km		Valeur type adoptée
Etats-Unis d'Amérique	0,65 km	5 km Zone de faible population	Valeur admissible pour les centrales autorisées à partir de 1960 et jusqu'au début des années 70
URSS	3 km		Valeur type

et la présence d'écoles, d'hôpitaux, de prisons ou d'autres établissements importants à proximité du site sont autant d'éléments importants à prendre en considération pour l'application des mesures d'intervention en cas d'accident grave.

Un certain nombre de questions restent posées en matière de choix des sites. Par exemple, étant donné que l'éloignement d'une centrale nucléaire est un facteur supplémentaire de protection du public, doit-on implanter les centrales loin des centres de population? Il faut reconnaître que cet éloignement n'est pas possible dans de nombreux pays. Les centrales nucléaires doivent-elles être conçues de façon à protéger contre des accidents plus graves, c'est-à-dire contre des dégagements de radioactivité plus importants que ceux qui ont été envisagés jusqu'à présent? Faut-il améliorer les systèmes de sûreté en prévoyant notamment un circuit de refroidissement du réacteur infrangible afin d'empêcher les fuites importantes de fluide caloporteur et réduire ainsi davantage les risques d'accident? On se trouvera toujours confronté à la question: quand la sûreté est-elle suffisante?

Les réponses à cette question sont plus ou moins liées au problème fondamental des risques et des avantages. Un risque nul n'est pas possible puisque toute activité humaine en présente toujours plus ou moins. Il est difficile de calculer ce risque et de déterminer le type et le degré de risque acceptables par le public. On a calculé que le risque théorique que les centrales nucléaires font peser sur la santé des individus est nettement moindre que

celui que présentent bon nombre d'autres grandes activités industrielles et d'autres moyens de production d'électricité tels les centrales à combustible fossile et les centrales hydro-électriques.

MODIFICATIONS ET AMELIORATIONS DE LA CONCEPTION DES CENTRALES

Les systèmes de sûreté des centrales nucléaires ont été conçus en vue de contrôler et de réduire les conséquences des accidents les plus graves, que l'on appelle, aux fins de la conception, accidents de référence, et qui peuvent conduire à une grave détérioration du cœur et à un important dégagement de radioactivité à partir du combustible. Jusqu'à présent, après 1800 années-réacteur de fonctionnement, ce type d'accident ne s'est jamais produit, c'est-à-dire qu'il n'y a jamais eu d'importante rupture du circuit primaire étanche de refroidissement provoquant une fuite rapide du fluide primaire. En fait, il ne s'est produit que quelques rares incidents où les systèmes de sûreté ont été amenés à fonctionner. D'autre part, l'accident de Three Mile Island a montré que, lorsqu'ils se combinent avec des défaillances de l'appareillage et des erreurs des opérateurs, plusieurs faits apparemment anodins peuvent conduire à de graves accidents. Il apparaît aujourd'hui que les conséquences d'incidents mineurs qui peuvent se produire dans les centrales nucléaires n'ont pas été assez étudiées.

L'étude analytique des accidents, à laquelle on a traditionnellement recours aux fins de la sûreté des centrales nucléaires, prendra désormais plus d'importance et d'ampleur. Les nouvelles analyses porteront sur une gamme plus complète et plus détaillée de causes possibles de défaillances, de défaillances elles-mêmes, ainsi que sur l'important problème des relations homme-machine. On emploiera des méthodes de plus en plus perfectionnées d'étude de probabilités et de simulation sur ordinateur. A cet effet, l'expérience acquise dans l'exploitation des centrales sera exploitée plus amplement; les informations qu'elle fournit par cette expérience sont actuellement traitées sur ordinateur et constituées en banques de données aux fins d'évaluation.

Les résultats obtenus serviront à établir des études de sûreté qui permettront d'améliorer les caractéristiques de fonctionnement des futures centrales. Bien qu'il ne soit pas prévu de modifier fondamentalement les centrales nucléaires en service, des changements seront certainement apportés aux modes d'exploitation, aux systèmes d'instrumentation et d'appareils automatiques, et les techniques d'assurance de la qualité seront certainement améliorées afin d'obtenir un équipement plus fiable. Il faut cependant envisager un certain nombre d'améliorations et de modifications des centrales, notamment en ce qui concerne l'évacuation de l'hydrogène du circuit primaire de refroidissement, le retour des effluents radioactifs dans l'enceinte de confinement, l'amélioration de l'instrumentation (type et gamme), la neutralisation de l'hydrogène après accident et le rejet contrôlé de la radioactivité hors de l'enceinte de confinement. Les éléments suivants relèvent plus spécifiquement de la conception de la centrale de Three Mile Island: groupe de secours pour les réchauffeurs d'eau d'alimentation, signaux témoins de l'isolation de l'enceinte et assurance de la qualité à l'extérieur de l'enceinte, en particulier pour les systèmes relatifs à la sûreté.

COOPERATION INTERNATIONALE

De nombreuses activités concernant la sûreté ont été renforcées par la conclusion d'accords bilatéraux et multilatéraux entre pays et grâce à l'action d'organisations et de comités internationaux tels que l'AIEA, le CAEM, l'AEN, la CCE et la CIPR. Certains aspects se prêtent tout particulièrement à la coopération internationale, notamment l'échange d'informations, la recherche en matière de sûreté et les secours d'urgence.

A mesure que grandit l'expérience d'exploitation et que s'accumulent les données concernant la sûreté, la diffusion de l'information au sein de la communauté internationale permettra d'améliorer non seulement la conception des centrales mais également la sûreté d'exploitation. Les 19 pays en développement qui exploiteront des centrales nucléaires en 1990 auront certainement besoin d'accéder facilement aux informations résultant de l'expérience d'exploitation. A cet égard, on ne pourra développer les banques de données que si les informations qu'elles recueillent sont échangées librement par tous les pays, ce à quoi les organisations internationales peuvent contribuer.

La coopération internationale dans la recherche sur la sûreté peut sans aucun doute être profitable non seulement pour l'exécution des projets communs de recherche mais aussi pour l'échange d'informations dans ce domaine. Des experts de différents pays peuvent se réunir périodiquement afin de comparer les résultats obtenus et de proposer de nouveaux projets.

Les secours d'urgence en cas d'accident nucléaire offrent une autre possibilité de coopération. La tâche variée et complexe qui consiste à fournir d'urgence des ressources en hommes, en matériel et en services, peut être facilitée par une bonne planification. On peut définir ces ressources et les moyens de se les procurer.

Les critères et normes de sûreté qu'élabore l'AIEA et qui sont agréés sur le plan international, sont un bon exemple de coopération visant à faire observer dans le monde entier un niveau minimum acceptable de sûreté. Entre autres programmes d'aide active aux Etats Membres, on peut citer les missions de consultation en matière de sûreté, la fourniture d'experts de la sûreté à court et à long terme, des cours et des séminaires sur les divers aspects de la sûreté et de la réglementation en matière d'énergie nucléaire. Ces programmes peuvent continuer de jouer un rôle majeur parmi les activités internationales concernant la sûreté.