

# Protection contre la *foudre* avec de paratonnerre

Des mesures de protection particulières contre la foudre ont nécessité pour le bâtiment de grande envergure l'architecture complexe et le dispositif d'équipement particuliers dans le comble. Des paratonnerres de tôle adaptés à la protection intérieure et extérieure contre la foudre ont été montés sur le faîte du manège Perlenhof Buchrain (LU), afin de pouvoir garantir une protection optimale.

*Michael J. Arnold*

De nouvelles directives et normes de protection incendie ont, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005, été applicables en Suisse pour le dimensionnement de protection contre la foudre. La directive élaborée par l'AEIE (Association de tabliers cantonaux d'assurance Incendie) définit les exigences générales que le dimensionnement de protection contre la foudre doit satisfaire et quand l'équipement doit être protégé de façon correspondante. Concomitamment aux nouvelles normes et directives de protection incendie, la protection contre la foudre constitue une partie intégrante de la protection incendie. Le bâtiment soumis à une protection contre la foudre ont nouvellement définies et les recommandations d'électrostatique applicables depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2004 pour le dimensionnement de protection contre la foudre, SN SEV 4022:2004 ont été clarifiés et standardisés technique minimum pour la protection contre la foudre. Celle-ci correspondent à l'état actuel de la technique internationale de protection contre la foudre et remplacent l'ordonnance de 1987. En règle générale, la protection contre la foudre doit être assurée par le fer-

blanchier. Selon la nouvelle recommandation SEV 4022, la conception ne peut globalement être réalisée que par le planificateur électrique. Les mesures exigées sont décrites dans la nouvelle recommandation et on s'en réfère également à la norme de dimensionnement basse tension (NIBT), de même que la recommandation SEV 4113 électrode de terre de fondation. L'électrode de terre de fondation, le potentiel et la protection contre le surtension font partie de la protection contre la foudre et doivent être réalisés par l'entreprise d'installation électrique conceptrice. Selon la nouvelle directive et norme, seule de personnes spécialement formées et qualifiées sont encore autorisées à concevoir et réaliser le dimensionnement de protection contre la foudre. Le projet prend dans cet article en compte une étroite collaboration entre un spécialiste de la protection contre la foudre, un architecte et un ingénieur électrique et réalisé par un spécialiste qualifié. Le projet a été soumis à l'assurance bâtiment compétente. Les travaux de montage ont été terminés en décembre 2005.

## Projet de protection contre la foudre Manège de Perlenhof

L'objet Perlenhof est un manège mesurant une longueur de 86,5 m, une largeur de 32 m et une hauteur d'environ 9 m avec deux annexes sur l'axe longitudinal, respectivement d'une largeur de 20 m et d'une longueur de 17 m ainsi que d'une largeur de 26 m et d'une longueur de 10,5 m (figure 2). Le couloir d'aération, d'une largeur de 1,7 m, équipé de fenêtres relevables entraînement électrique, ont prévu sur la totalité de la longueur de l'aile principale. Quatre clochetons également espacés ont été prévus sur la longueur du bâtiment. Des fenêtres relevables entraînement électrique et de toiture en partie entraînement électrique ont également intégré dans le toit de deux annexes. Un clocheton existant au-dessus des deux annexes doit être percé perpendiculairement. Un de ces clochetons est équipé sur le troisième d'une horloge avec une cloche comprenant un dispositif de sonnerie. Différente superstructure telle que cheminée, de tuyaux de descente, etc. ont été prévus sur l'enemble de la toiture. Toute la superstructure de la toiture, y compris le couloir d'aération ont pourvue de bordure et de finition en tôle. Le charnier, noue, larmier et cheneaux de avant-toit ont également en tôle. Des cheneaux, partir de quel l'eau provenant du toit est vacuée dans 21 de cente, ont été prévus sur le larmier. Selon la recommandation SEV pour le



Figure 1 – Vue de la façade avec l'annexe, l'aile de boxe et d'habitation.

## Planification d'une installation de protection contre la foudre

Lequel est un point important de recommandation SEV installation de protection contre la foudre 4022:2004 sont les suivants :

### 4. Planification

1. ...
2. Il faut en particulier tenir compte, lors de la planification, que:
  - a. la partie intérieure et extérieure de l'installation de protection contre la foudre sont adaptées entre elles, par ex. tirage de ligne, liaison, cartement minimum (proximité);
  - b. des contrôles doivent être réalisés avant d'enfouir lelectrode de mise à la terre ou de cacher lelectrode de terre de fondation;
  - c. des mesures supplémentaires doivent être prises pour la zone particulièrement exposée.
3. des électrodes de terre de fondation doivent, chaque fois que possible, être utilisées comme prise de terre.
4. si des installations et bâtiments pourvus d'installation de protection contre la foudre sont modifiés ou en partie agrandis, les installations de protection correspondantes doivent être adaptées aux nouvelles conditions.

Installation de protection contre la foudre 4022:2004, ce bâtiment est soumis à une obligation de protection. Conformément à la norme européenne de protection contre la foudre ENV 61024-1 ou IEC 61024-1, le manager est dans la classe de protection II. Le choix d'une classe de protection suffisante contre la foudre du système de protection peut dépendre du nombre et du comptage de coups de foudre directs et du nombre autorisé de coups de foudre provoquant un dommage. Dans ce cas, le calcul de la protection extérieure contre la foudre doit être basé sur un angle de protection de 45°. Une solution conventionnelle de protection extérieure contre la foudre avec une ligne formant paratonnerre sur l'arête du faite n'est pas possible, tant donné que différents appareils et installations électriques sont intégrés dans la zone du faite de coupole d'aération. Étant donné que les coupoles d'aération sont encastrées dans le tôle de bordure du toit, le moteur de fenêtre relevable par exemple, de même que les autres installations seraient mis en danger en cas de coup de foudre.

Un concept de protection contre la foudre comportant des paratonnerres a été étudié conformément aux conditions et particularités de construction mentionnées. Les recommandations SEV relatives aux installations de protection contre la foudre 4022:2004 ne donnent aucune indication sur la « solution avec paratonnerres » et se réfèrent à la norme IEC 61024-1.

- Descente de toiture
- Point de sectionnement (raccordements FE préparés)
- Ligne de mise à la terre naturelle
- Paratonnerre
- Ligne de mise à la terre
- Point de raccordement
- N Proximité (tirage des lignes en tenant compte des installations électriques)

Un extrait du plan général du concept est représenté figure 2. Il faut observer que chaque paratonnerre est raccordé à deux lignes de mise à la terre. Ces lignes de mise à la terre sont caractérisées de coupole d'aération et par conséquent de installation

tion intérieure et extérieure (figure 4). Le concept tient également compte de la proximité de l'installation intérieure et immédiatement du toit (voir index N = proximité dans le plan de conception figure 2). La ligne de mise à la terre doit passer sur le toit en tenant compte de la proximité de l'installation intérieure et extérieure. Dix-neuf paratonnerres et trois points sont utilisés. Un nombre plus important que dans cette aire de paratonnerres a été retenu, tant donné que l'architecture et la symétrie du bâtiment ont été prises en considération. Six paratonnerres sont intégrés dans le clocheton et les autres sont montés sur de supports en toiture dans la zone ne s'ouvrant pas entre le couple d'aération. Le principe de l'intégration de ces paratonnerres dans la construction du toit et le raccordement de lignes de mise à la terre sont représentés figure 3. On peut constater que la utilisation de tirants en acier n'est pas dans la prolongation de l'axe de paratonnerres mais est disposée en forme de V. De ce fait d'éventuel amortissement sur le tirant métallique ont rendu impossible. Les trois points, sous forme de pyramide métallique, d'une longueur

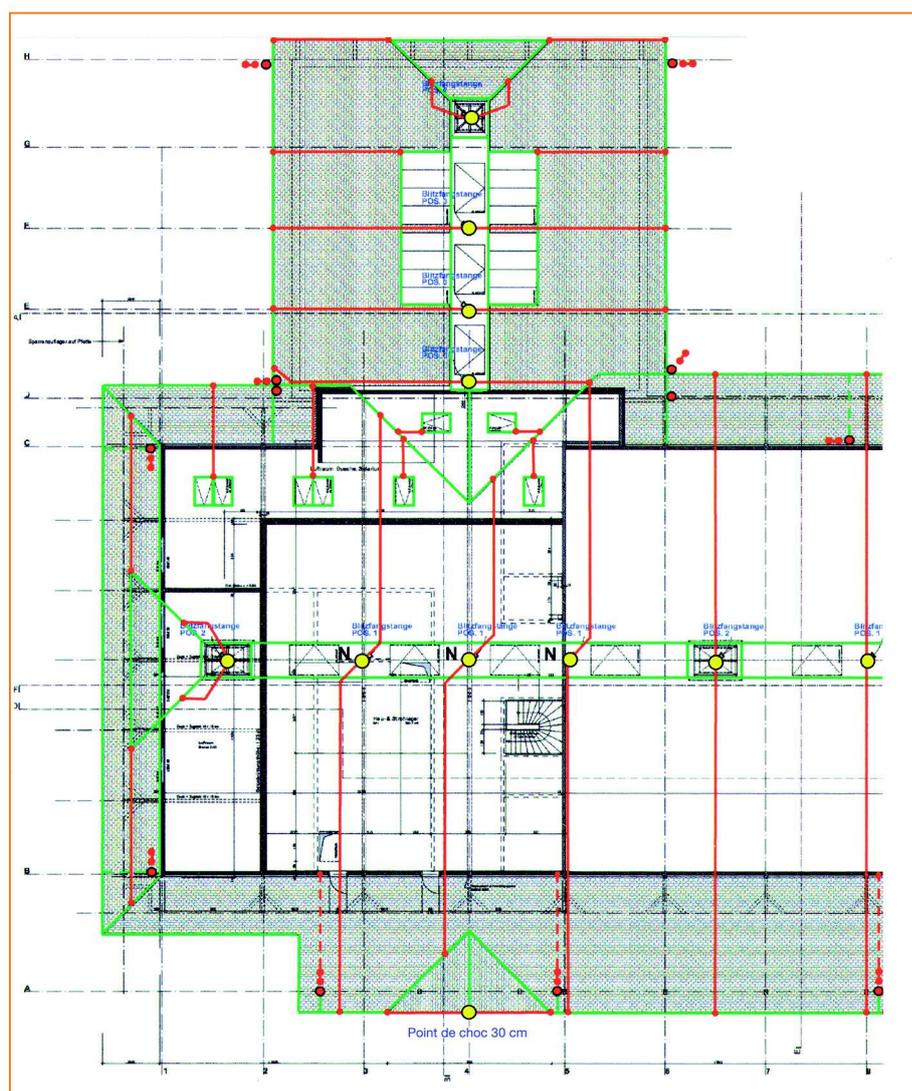


Figure 2 – Coupe du concept de la protection extérieure contre la foudre.

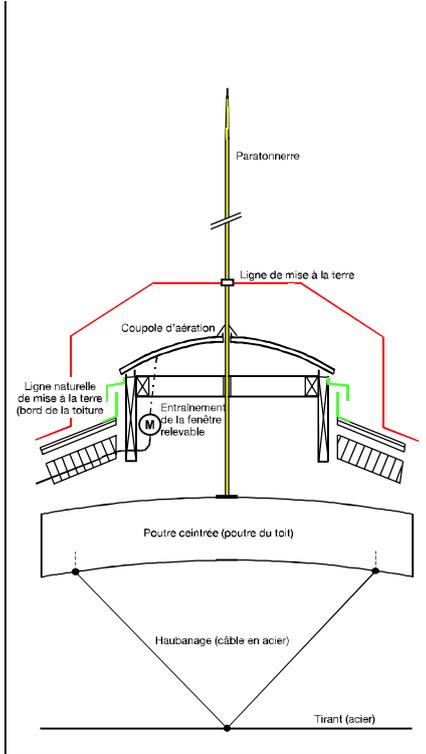


Figure 3 – Principe du montage et du raccordement d'un paratonnerre.

d'environ 30 cm, sont disposés aux extrémités du faite de trois petits toits additionnels sur la face extérieure du côté longitudinal. La hauteur de paratonnerre (figure 1 et 5) a été choisie de manière que les angles de protection de différents paratonnerres se chevauchent suivant l'axe longitudinal du faite. La totalité de la largeur du bâtiment est couverte dans la zone protégée. Chaque ligne de mise à la terre de paratonnerre a, dans la zone du faite, une tirée diagonale de la bordure du toit (figure 3 et 4) et est directement reliée aux lignes de mise à la terre naturelles (cheneaux). Toute ledecente, cheneaux, de même que larmier et toute de façade reliée de façon conductrice ont été utilisés comme ligne naturelle de mise à la terre. Le ligne de mise à la terre de la toiture ont été réalisés en cuivre de 6 mm. L'espacement de différents decente varie en moyenne 15 m. En conséquence le nombre de mise à la terre prescrit dans SEV 4022:2004 (une ligne de mise à la terre tou

le 20 m du premier tre du bâtiment) est satisfait. Le élément de raccordement nécessaire à l'électrode de terre de fondation ont été installés dans la fondation proximite de tuyaux de descente (voir figure 7).

### Mesure particulière

#### Paratonnerre

Une protection optimale du toit (emplacement, hauteur et nombre de paratonnerres) peut être calculée en se référant à la norme européenne de protection contre la foudre IEC 61024-1 en utilisant trois méthodes différentes. C'est-à-dire qu'il existe la méthode du treillis, de la boule de foudre et de l'angle de protection. La méthode de l'angle de protection a été choisie pour ce bâtiment architecturalement complexe, tant donné que le calcul auraient été en quelque plus compliqué avec les autres méthodes. Les paratonnerres ont été dimensionnés suffisamment haut pour que le ar-



Figure 4 – Axe longitudinal du faite (coupole d'aération) avec le paratonnerre.



Figure 6 – Electrode de terre de fondation: point de jonction supportant le courant.



Figure 7 – Le ligne de mise à la terre ont raccordé à l'électrode de terre de fondation par l'intermédiaire de ligne de mise à la terre et point de sectionnement.

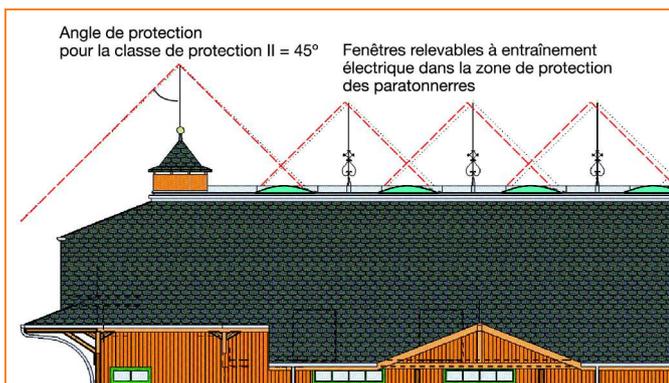


Figure 5 – L'angle de protection détermine la hauteur du paratonnerre.



Figure 8 – Tirage de la ligne de mise à la terre en tenant compte de la proximité.

te extérieure du bâtiment doit dans la zone de l'angle de protection de 45° (classe de protection II) (figure 5). Non seulement la hauteur mais également la résistance ont dû être prises en considération dans le dimensionnement de paratonnerre. La résistance tactile a joué un rôle majeur en ce qui concerne la résistance au vent de paratonnerre. En conséquence il ont dû être dimensionnés de manière qu'ils puissent être ancrés dans le poutre maître de la toiture (figure 3).

### Proximité

Certaines de installations électriques, telles que l'éclairage, le entraînement de fenêtrable, l'installation de détection incendie, etc. se trouvent en proximité immédiate de la toiture. En conséquence on a dû veiller, dans le tirage de ligne de mise à terre, ce qu'en aucun cas elle ne soient pas en proximité de ligne de installation. En cas de coup de foudre dans l'installation de paratonnerre et

#### Coefficient $k_m$

Matériau	km
Air	1
Matériau solide	0,5

#### Coefficient $k_i$

Classe de protection	$k_i$
I	0,1
II	0,075
III et IV	0,05

Tableau 1 – Valeur de  $k_m$  et  $k_i$

## Electrode de terre de fondation

Quelques remarques importantes de recommandation SEV électrode de terre de fondation 4113:1996:

### 1. Généralité

La conduite d'eau métallique du réseau local, parfaitement conductrice et reliée entre elle, principalement utilisée jusqu'à présent pour la mise à terre, ne sont plus partout disponibles. Elles sont, dans de nombreux cas, remplacées par des conduites en matériau non électriquement conducteur. En conséquence des électrodes de terre de fondation doivent être prévues pour ces cas. L'entreprise de contrôle termine chaque fois la nature de la prise de terre. Il est en conséquence indispensable d'effectuer le clairement en ce cas lors de la planification avec l'entreprise de contrôle.

## Formation de spécialistes pour l'installation de protection contre la foudre

La nouvelle norme SN 4022:2004 invite à une planification optimale. Le matériel de protection extérieure contre la foudre doit être adapté aux installations électriques, même l'intérieur du bâtiment (proximité). Les installations de protection contre la foudre ne peuvent être conçues et construites de façon optimale qu'en disposant de connaissances spécialisées en ce domaine.

On peut acquiescer la formation de spécialistes en installation de protection contre la foudre au cours d'un séminaire d'une semaine USIE/Electro Suisse, suivi d'un examen. Cette formation est reconnue par l'AEAI (Association suisse de tabliement cantonaux d'assurance incendie).

Autre information par ex.:

**Formation professionnelle USIE,  
Postfach 2328, 8031 Zurich  
Tél. 044 444 17 17**

de tirage parallèle, de surtension dans le autre installation seraient évitables du fait du couplage inductif. L'installation de paratonnerre et la ligne de mise à terre doivent être suffisamment séparées de installation du bâtiment. Aux endroits sur lesquels un croisement de la ligne de mise à terre avec des installations est évitable, la ligne de mise à terre ont été séparées le plus possible (voir figure 8) et posées selon un angle droit par rapport aux lignes de installation. Le couplage inductif est ainsi évité.

### 4. Planification

Si une électrode de terre de fondation est nécessaire pour une installation, il faut, dès le début de la planification, déterminer si l'armature peut être utilisée ou si un conducteur spécial doit être posé dans la fondation. Le plan sur la nature de l'électrode de terre de fondation doivent être la disposition de l'entrepreneur avant le début de travaux, car la mise en place ultérieure d'une prise de terre dans la fondation n'est plus possible.

### 7. Point de raccordement

Si une installation de protection contre la foudre est prévue ou entre en question, le nombre correspondant de talons de raccordement doit être prévu pour le raccordement de ligne de mise à terre.

## Champ d'application

Quelque point important de recommandation SEV in tallation de protection contre la foudre 4022:2004:

### Champ d'application (obligation de protection contre la foudre)

1. L'obligation de réaliser de in tallation de protection contre la foudre est réglementée sur le plan fédéral et/ou cantonal. Le bâtiment et in tallation doivent être équipés d'in tallation de protection contre la foudre suffisamment dimensionnée en fonction de l'occupation, du nombre d'étage, du type de construction, de la situation, de l'étendue et de l'affectation.
2. Doivent être en particulier protégés par de in tallation de protection contre la foudre:
  - a. le bâtiment comportant de pièce pouvant recevoir un grand nombre de personnes (par ex. théâtre, salle de concert, locaux de danse, cinéma, halle polyvalente, de port et d'exposition, magasin, restaurant, galerie), école, in tallation de transport (par ex.

gare, aéroport) et tous les lieux de rassemblement emblables;

- b. le bâtiment d'habitation (par ex. hôtel, hôpital, clinique, hôpital, prison, casernes);
- c. le bâtiment particulièrement haut (par ex. building, cheminée et tour de grande hauteur), y compris le bâtiment correspondant de hauteur de construction normale;
- d. le bâtiment rassemblement de matériaux combustibles d'un volume de plus de 3000 m<sup>3</sup>;
- e. le bâtiment d'exploitation agricole important (plus de 3000 m<sup>3</sup>), y compris le silo et habitation correspondant contigu et voisin;
- f. le bâtiment industriel et artisanal comportant de zone dangereuse (par ex. in tallation et équipement dans lequel on utilise de matériaux inflammables ou explosibles, ou bien dans lequel de tel matériaux sont entreposés), le bâtiment de travail du bois, le moulin, le fabricant

chimique, le textile et de matière plastique, le bâtiment d'explosif et de munition, le oléoduc, gazoduc, station-service;

- g. le réservoir de substance combustible ou explosible (par ex. liquide ou gaz inflammable), entrepôt de carburant et combustible liquide, y compris le bâtiment et in tallation correspondant (par ex. salle de machine, usine gaz, bâtiment d'entrepôt avec dispositif de remplissage);
  - h. le bâtiment et in tallation dont le contenu présente une valeur particulière (par ex. archive, musée, collection);
  - i. le bâtiment et in tallation abritant de l'équipement de communication public important;
  - j. le bâtiment et in tallation topographiquement exposés.
3. En cas de doute, les autorités de protection incendie d'ici de bâtiment et in tallation doivent être protégés contre la foudre.

La distance minimale (proximité) peut être calculée comme suit:

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

Où :  
 $k_i$  dépend de la classe de protection choisie du système de protection contre la foudre

$k_c$  dépend du nombre de lignes de mise à la terre

$k_m$  dépend du matériau dans la zone entre la ligne de mise à la terre et l'in tallation

$l$  est la longueur de la ligne de mise à la terre, mesurée à partir du point de proximité jusqu'au plan d'équipotentiel qui définit la distance de sécurité

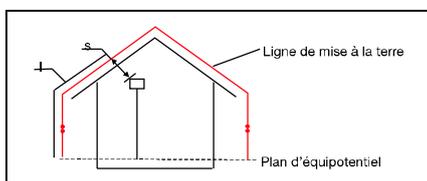
La valeur de  $k_m$  et  $k_i$  sont définies dans le tableau 1.

La valeur de  $k_c$  est calculée avec la formule

$$k_c = \frac{1}{n}$$

( $n$  = nombre de lignes de mise à la terre)

Dans le calcul suivant, on est parti de l'hypothèse du cas le plus défavorable



comportant également deux lignes de mise à la terre.

### Calcul

$$s = 0,075 \frac{0,5}{0,5} 15 m$$

$$= 1,125 m \text{ (distance minimale)}$$

### Electrode de terre de fondation

La structure de l'électrode de terre de fondation a été conçue en référence SEV 4113, électrode de terre de fondation. Le bâtiment est pourvu d'une fondation en béton armé sur l'emblème de son emplacement, y compris l'annexe. Etant donné que ce bâtiment est très étendu, un ruban parait approprié dans la zone extérieure l'armature pour assurer la protection contre la foudre. Le maillage de la fondation a donc été optimisé. Le point de croisement du ruban (figure 6) ont été reliés de façon conductrice avec des éléments de connexion pratiques.

De raccordement aux électrodes de terre de fondation (figure 7) ont été installés dans le coffrage proximal de tuyaux de descente du toit. La descente du toit (ligne de mise à la terre) et la structure de ligne de mise à la terre qui y sont raccordés ont été reliés par un point de connexion, respectivement avec un fil de cuivre de 8 mm à partir de 19 raccordement emblables. On a

veillé sur le point de raccordement l'établissement d'un contact optimal et la protection contre la corrosion.

### Protection contre les surtensions ion

Une protection contre les surtensions ion est également nécessaire pour protéger une in tallation de façon optimale. Celle-ci consiste, selon SN SEV 4022, une combinaison de la protection interne contre la foudre. Un tableau de distribution principal et deux ou trois tableaux sont prévus dans le manège Perlenhof. Un parafoudre type 1 (protection grossière) a été prévu dans le tableau de distribution principal central et respectivement un parafoudre type 2 (protection moyenne) dans les autres tableaux. Selon le besoin, selon la sensibilité de l'appareil, un parafoudre type 3 (protection fine) est installé.

Michael J. Arnold  
 Arnold Engineering und Beratung  
 8152 Opfikon/Glattbrugg  
 www.arnoldeub.ch

L'étude de concept de protection contre la foudre selon la directive en vigueur et en collaboration avec des architectes, de même que de l'in tallateur, constitue un champ d'activité de l'auteur.