

RISQUES ÉLECTRIQUES LORS DE L'UTILISATION DES RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES  
ELECTRICAL HAZARDS WHEN USING ELECTRICAL RESISTANCES

Fabien Dumont

Fire testing laboratory  
University of Liège

## Introduction

Tout contact entre le conducteur des résistances et une structure conductrice (structure acier typiquement) provoquera des courants de fuite dans cette structure. Les conséquences imaginables sont : détérioration d'équipements sensibles (capteurs de mesure ou vérin électriques par exemple) en contact avec cette structure, propagation des courants de fuite à d'autres équipements distants qui sont en contact électrique avec cette structure (unité d'acquisition de données situé à 20 m par exemple), départ d'incendie, électrocution d'un membre du personnel qui toucherait un de ces éléments.

Une résistance neuve et froide (non-chauffée) laisse penser que cela ne peut pas se produire car elle présente des éléments isolant tout le long de son conducteur interne, comme sur la figure 1.

Le Laboratoire a cependant fait face à différents cas de figure démontrant que de tels événements indésirables sont bien réels. Dans la plupart des cas rencontrés, les personnes présentes ont remarqué des flashes lumineux, des étincelles, des diminutions d'intensité flagrantes des résistances impactées, de la fumée émises par des câbles, des fluctuations aléatoires anormalement élevées des mesures réalisées par les capteurs en contact (thermocouples)... mais rien ne garantit que de tels signaux seront toujours présents et détectés.

## Introduction

Any contact between the core wire of the resistances and a conductive structure (typically steel structure) will induce leakage currents in this structure. The possible consequences are: deterioration of sensitive equipment (measuring sensors or electrical actuators for example) in contact with this structure, propagation of leakage currents to remote equipments which are in electrical contact with this structure (data logger located at 20 m for example), start of fire, electrocution of a member of staff who touches one of these elements.

A look on a new, cold (unheated) resistance suggests that this cannot happen because it has insulating elements all along its core wire, as in figure 1.

However, the Laboratory has encountered various cases demonstrating that such adverse events are actually likely. In most of the cases encountered, people noticed flashes of light, sparks, visible decreases in intensity of the impacted resistances, smoke emitted by cables, unusual high random fluctuations in the measurements carried out by the sensors in electrical contact (thermocouples)... but there is no guarantee that such signals will always be present and detected.

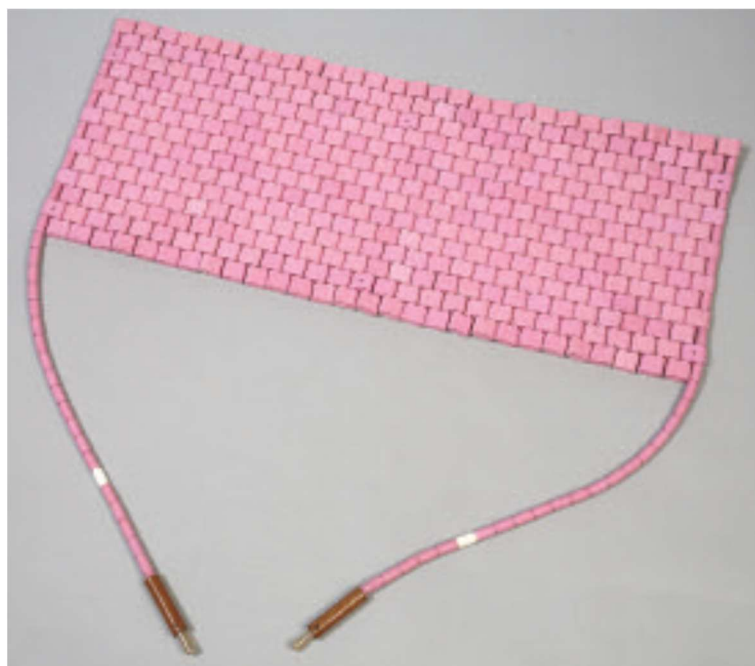


Figure 1

### 1. Manchons isolants des connecteurs détériorés

Les manchons isolants des connecteurs situés aux extrémités des résistances peuvent se détériorer, se casser, et tomber, laissant alors les conducteurs cuivrés apparent.

Au Laboratoire, un incident a ainsi été produit par le contact entre une structure d'essai (hybride) et le connecteur d'extrémité d'une résistance dont le manchon était tombé en morceau. Il en a résulté un courant de fuite depuis ce point de contact et remontant ensuite successivement par la structure d'essai, l'enveloppe métallique des instruments de mesure (capteurs de déplacement) fixés sur cette structure, le câble remontant de ces instruments à leur boîtier d'alimentation, et enfin le câble d'alimentation de ce même boîtier.

Les manchons isolants des connecteurs situés aux extrémités des résistances doivent donc être considérés comme des consommables (figure 2). Il est conseillé de les vérifier avant chaque utilisation, d'en avoir de stock, et de les remplacer lorsque nécessaire.

### 1. Damaged insulating fiber sleeves around connectors

The insulating sleeves of the connectors located at the ends of the resistances can deteriorate, break, and fall down, leaving the copper conductors visible. At the Laboratory, an incident was caused by contact between a (hybrid) test structure and the end connector of a resistance whose sleeve had fallen into pieces. This resulted in a leakage current from this contact point and then successively going up through the test structure, the metal casing of the measuring instruments (displacement sensors) fixed on this structure, the cable going up from these sensors to their power supply unit, and finally the power cable of this last unit.

The insulating sleeves of the connectors located at the ends of the resistances must therefore be considered as consumables (figure 2). It is recommended to check them before each use, to have some extra pieces in stock, and to replace them when necessary.



Figure 2

## 2. Dilatation du conducteur interne hors des briques céramique

Le conducteur interne d'une résistance froide (non-chauffée) est bien "retré" et caché à l'intérieur des briques céramiques. En chauffant, le conducteur interne des résistances va se dilater sous l'effet de la chaleur. Selon la façon dont les résistances vont être disposées, fixées, suspendues, contraintes mécaniquement..., le conducteur interne pourrait sortir hors du périmètre de son élément chauffant, et donc émerger de façon visible hors des briques céramiques.

Au Laboratoire, un incident a ainsi été produit par le contact entre le conducteur interne d'une résistance et un des boulons de soutien de cette résistance (e-TRIS), créant un court-circuit.

Lorsque les résistances sont utilisées et position verticale "orientée paysage" (cas de notre e-TRIS), elles prennent naturellement une flèche qui va s'accroître avec la dilatation lors de la chauffe, comme sur les figures 3 et 4 ci-dessous.

## 2. Expansion of the core wire outside the ceramic beads

The core wire of a cold (unheated) resistance is well "retracted" and hidden inside the ceramic beads. As it heats up, the core wire of the resistances expands under the effect of the heat. Depending on how the resistances are positioned, fixed, suspended, mechanically constrained, etc., the core wire could emerge outside the perimeter of its heating element, and therefore emerge visibly outside the ceramic beads.

In the Laboratory, an incident was caused by contact between the core wire of a resistance and one of the supporting bolts of this resistance (e-TRIS), creating a short circuit.

When the resistances are used in a vertical position "landscape oriented" (case of our e-TRIS), they naturally take on a downward deflection which will increase with expansion during heating, as in the figures 3 and 4 below.



Figure 3

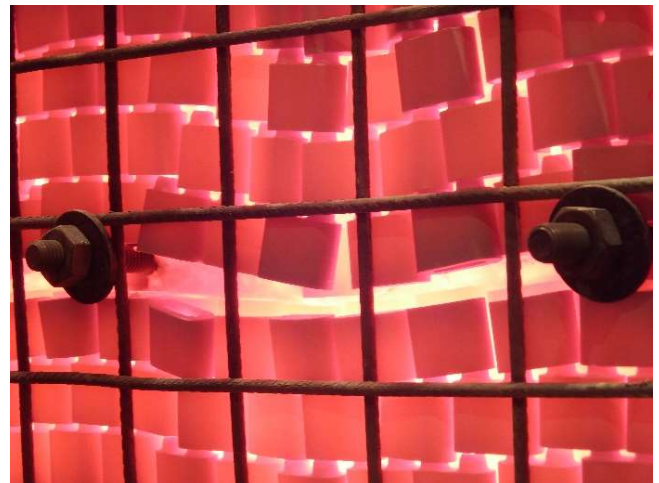


Figure 4

Voulant réduire ces déformations, des boulons de soutien supplémentaires avaient été ajoutés au panneau des résistances chauffantes afin de mieux maintenir celles-ci en place, voir figure 5. De ce fait, les résistances ne prenaient presque plus de flèche en chauffant, ce qui était le but recherché. Or cette flèche induite par le poids propre des résistances avait un effet non-escompté : elle permettait de garder les éléments des résistances tendus, notamment leur conducteur interne. En l'absence de cette tension mécanique, le conducteur interne de l'un des éléments chauffant – se dilatant sous l'effet de la chaleur – a commencé à sortir hors du périmètre de son élément chauffant et est venu toucher un des boulons de soutien, créant le court-circuit.

In order to reduce these deflections, additional support bolts were added to the heating element panel to better hold them in place, see figure 5. As a result, the resistances almost no longer deflected when heated, which was the desired goal. However, this deflection induced by the own weight of the resistances had an unanticipated effect: it made it possible to keep the elements of the resistances under tension, in particular their core wire. In the absence of this mechanical tension, the core wire of one of the heating elements – expanding under the effect of the heat – began to extend outside the perimeter of its heating element and came into contact with one of the supporting bolts, creating the short circuit.



Figure 5

### 3. Insertion de thermocouples dans les résistances

Il peut être intéressant, pour certaines applications, de mesurer la température des résistances. Au Laboratoire, pour réaliser ces mesures, nous insérons des thermocouples chemisés de type K à l'intérieur des résistances. Le risque est alors que le thermocouple (ou sa chemise dans le cas présent) entre en contact avec le conducteur interne des éléments chauffants. A nouveau, le conducteur interne d'une résistance froide (non-chauffée) est bien "rentré" et caché à l'intérieur des briques céramiques, ce qui laisse penser qu'un tel contact est fort peu probable. Mais en chauffant, le conducteur interne des résistances se dilate sous l'effet de la chaleur, les briques céramique se desserrent les unes des autres et laissent apparaître le conducteur interne entre elle. Ces mouvements se manifestent d'autant plus que les résistances vieillissent.

Au Laboratoire, un incident a ainsi été produit par le contact entre le conducteur interne d'une résistance et un thermocouple chemisé qui avait été introduit dans une résistance en l'insérant entre des briques céramique. La figure 6 montre une telle configuration, la proximité du thermocouple et du conducteur interne mis à nu est visible.

### 3. Insertion of thermocouples into resistances

It may be interesting, for some applications, to measure the temperature of the resistances. In the Laboratory, to carry out these measurements, we insert sheathed type K thermocouples inside the resistances. The risk is then that the thermocouple (or its sheath in this case) comes into contact with the core wire of the heating elements. Once again, the core wire of a cold (unheated) resistance is "retracted" and hidden inside the ceramic beads, which suggests that such contact is very unlikely. But when heating, the core wire of the resistances expands under the effect of the heat, the ceramic beads loosen from each other and reveal the core wire between them. These movements become more apparent as the resistances age.

In the Laboratory, an incident was produced by contact between the core wire of a resistance and a sheathed thermocouple which had been inserted between the ceramic beads of a resistance. The figure 6 shows such a configuration, the proximity of the thermocouple and the exposed core wire is visible.

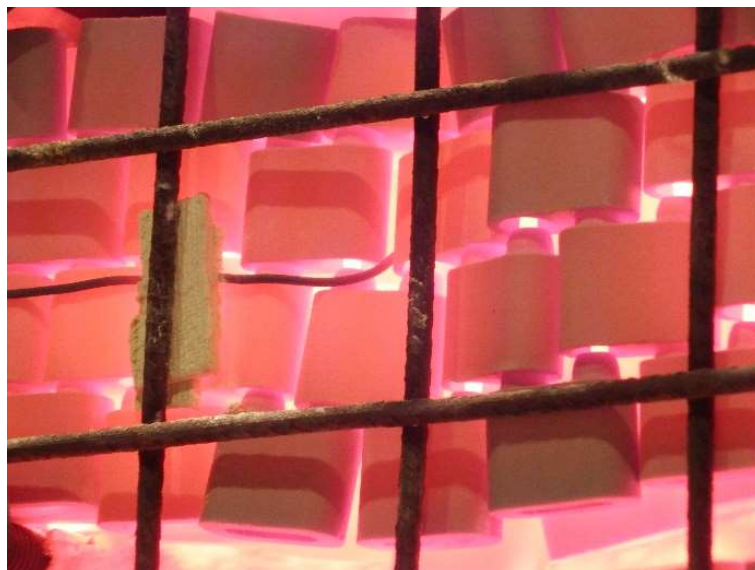


Figure 6

Il est dès lors conseillé d'insérer les thermocouples dans les quelques trous présents dans certaines briques céramiques, comme montré dans la figure 7. Ces trous sont entièrement noyés dans la matière céramique, sans aucun risque de contact avec les conducteurs internes.

It is therefore recommended to insert the thermocouples into the few holes present in certain ceramic beads, as shown in the figure 7. These holes are entirely embedded in the ceramic material, without any risk of contact with the core wire.



Figure 7

#### 4. Quelques conseils supplémentaires

a. Câbler la structure métallique des bancs d'essai à la terre de façon permanente. La continuité électrique entre la structure métallique du banc d'essai et la terre devra être testée et bien constatée à l'aide d'un multimètre. La première version prévue au Laboratoire consistait en un câble que les utilisateurs devaient brancher dans une prise murale avant chaque utilisation. L'expérience a montré que les utilisateurs oubliaient parfois de réaliser ce branchement, c'est pourquoi il est conseillé de prévoir un câblage définitif (figure 8).

b. Les résistances standard "catalogue" de Stork sont prévues pour monter à 800°C (conducteur interne en Nickel-Chrome). Notre Laboratoire travaille aujourd'hui avec des résistances "haute température", également proposées par Stork (ils n'en font pas la publicité), conçues pour pouvoir monter à 1300°C (conducteur en Kanthal, alliage de Fer-Chrome-Aluminium). Leur durée de vie est substantiellement allongée (pour une différence de prix dérisoire), elles doivent donc être remplacées beaucoup moins souvent (moins de travail, moins de manipulation de fibre isolante...).

#### 4. Some additional tips

a. Permanently ground the metal structure of the test benches. Electrical continuity between the metallic structure of the test bench and the earth must be tested and confirmed using a multimeter. The first version planned at the Laboratory consisted of a cable that users had to plug into a wall socket before each use. Experience has shown that users sometimes forget to make this connection, this is why it is recommended to provide a permanent wiring (figure 8).

b. Stork's standard "catalogue" resistances are designed to rise to 800°C (Nickel-Chromium core wire). Our Laboratory works today with "high temperature" resistances, also proposed by Stork (even if they do not advertise them), designed to be able to reach 1300°C (core wire in Kanthal, Iron-Chromium-Aluminium alloy). Their lifespan is substantially extended (for a negligible difference in price), they must therefore be replaced much less often (less work, less handling of insulating fiber, etc.).



Figure 8