

# Forum APF

1er décembre 2011

## La tenue à la foudre des canalisations flexibles de gaz

Alain ROUSSEAU  
SEFTIM



## *1. GENERAL*

---

- ▶ **Cette étude a été rendue possible grâce aux membres de la NFPA.**
- ▶ **Les membres du comité de protection foudre US ont également soutenu la démarche.**
- ▶ **De nombreux collègues dans le monde ont également témoigné de leur expérience dans leurs pays respectifs.**
- ▶ **Les fabricants de ce type de matériels ont également fournis des données.**
- ▶ **Certains propriétaires de maison qui ont subis des dommages ont apportés des informations précieuses.**

## ***2. INTRODUCTION***

---

- ▶ **Les éléments collectés par les sapeurs pompiers enrichissent une base de donnée NFIRS mais le terme CSST n'est pas défini et de toute façon il y a peu de détails sur les incidents sauf exception.**
  - Une suggestion de l'étude est de mettre le terme CSST dans la base de donnée du NFIRS

## *Sources des dommages -1*

---

- ▶ **Experts internationaux du domaine de la foudre : ce ne peut être des surtensions induites.**
- ▶ **Hypothèses : un arc entre CSST et un autre élément métallique avec un % de courant de foudre direct ou alors un courant de suite 60 Hz.**

## *Sources des dommages -2*

### ***Coup de foudre directs***

- ▶ Peu de dommages sur les bâtiments protégés par SPF
- ▶ Quelques cas de chocs de foudre directs sur bâtiment sans SPF ...

### ***Courants de défaut***

- ▶ Une surtension crée un amorçage entre CSST et réseau électrique et un courant circule dans l'arc créé pendant une durée assez longue

### ***Surtensions induites***

- ▶ L'énergie de cette surtensions dépend de nombreux paramètres mais les surtensions doivent être faibles.

### ***% de coups de foudre directs***

- ▶ Un choc de foudre proche de la structure avec courant de foudre partiel dans les parties métalliques de la structure y compris les canalisations de gaz.

### ***Chocs de foudre directs sur un des services pénétrant la structure***

- ▶ Surtensions sur une ligne élec par exemple avec amorçage le CSST avec courant de suite circulant dans l'arc

### ***3. ANALYSE DE LA LITERATURE***

---



- ▶ **Initialement le but était d'avoir une analyse statistique des incidents**
- ▶ **Mais il n'a pas été possible d'avoir une grande quantité de cas documentés.**
- ▶ **Les données :**
  - NFPA (NFIRS)
  - Rapport publics
  - Base de donnée de certaines entités
  - Quelques rapports détaillés

## *Liste d'incidents : 141 cas*

---

- ▶ **36% : coup de foudre directs**
- ▶ **15% : CSST avec mise à la terre spécifique mais seulement 4% ne concerne pas les chocs de foudre directs**
  - 3% : pas de mise à la terre spécifique ou pas selon la norme.
  - 1% : pas d'information sur la qualité de la mise à la terre
- ▶ **18% : impliquent les lignes de puissance**

## *Liste d'incidents : 141 cas*

---

- ▶ **Pas de corrélation entre l'activité orageuse et les incidents répertoriés.**
- ▶ **L'Indiana a une activité orageuse importante et le plus grand nombre de défaillance rapportées mais l'Oklahoma a presque la même activité orageuse avec seulement 5% des incidents rapportés.**



## *Liste d'incidents : 141 cas*

---

- ▶ **Des incidents rapportés dans les rapport détaillés ne font pas parti des 141 cas**
- ▶ **Pour l'Indiana l'explication pourrait venir du fait qu'un incident a conduit a une formation spécifique des pompiers de l'Indiana et donc une plus grande vigilance vis-à-vis du CSST.**

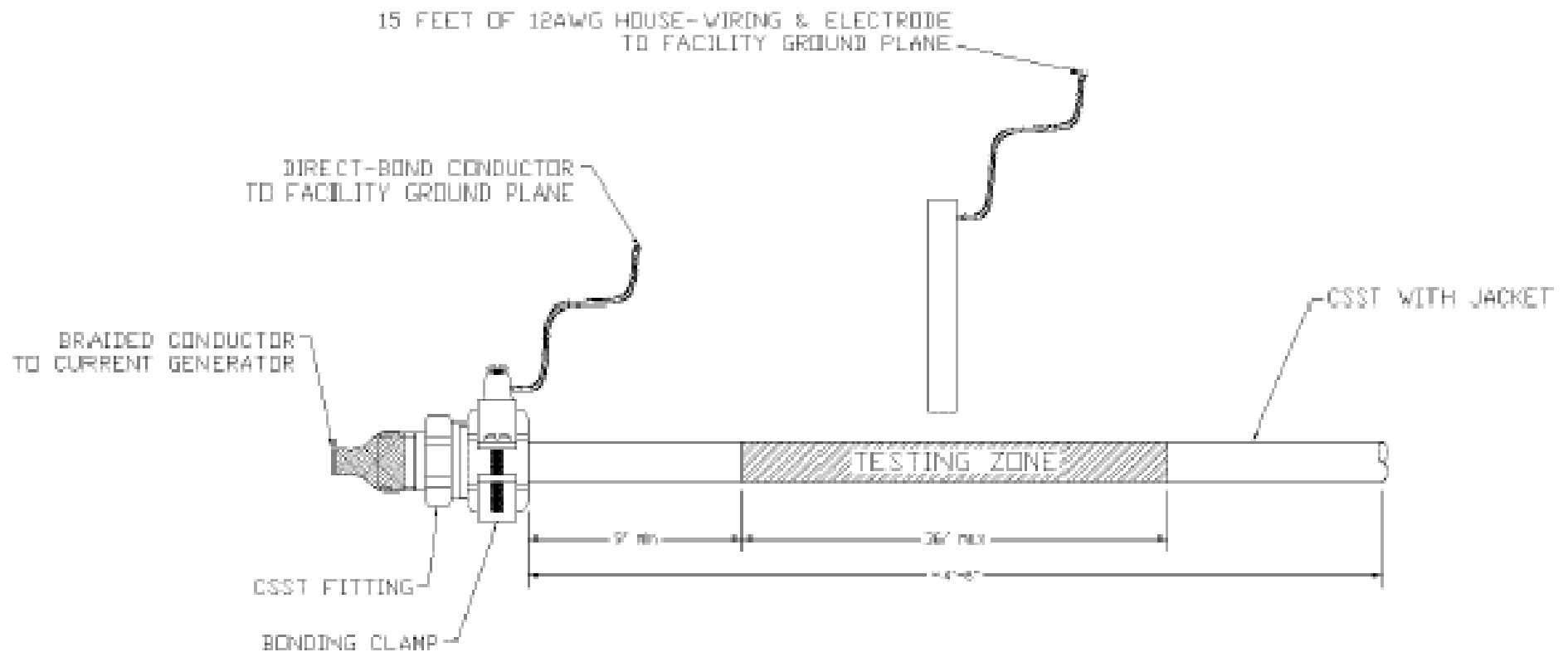
## *Rapports publics*

---

- ▶ **Le courant de défaut n'est pas la seule cause des incidents.**
- ▶ **Le coupleur CSST-tuyaux rigide pourrait être en cause également**
- ▶ **La forme ondulée et le rayon de courbure pourrait expliquer un comportement spécifique en haute fréquence et en particulier les trous adjacents.**

## *Les essais réalisés sur le CSST*

# Comparaison de moyens de mise à la terre avec une onde 10/300.



## *Les essais réalisés sur le CSST*



### ► Résultats d'essais

**Table 2: Test Results Summary, Test Sample**

Test Set-Up	Results		CSST Current (kA)			CSST Charge (C)		
	Arced	Hole	Min	Max	% of Generator	Min	Max	% of Generator
No Bond	i	Yes	2.30	4.65	96	1.10	1.95	98
10-ft, 6AWG	No	No	---	---	---	---	---	---
20-ft, 6AWG	i	No	1.40	3.95	40	0.08	0.37	8
40-ft, 6AWG	i	No	1.15	7.80	57	0.10	0.88	21
20-ft, 8AWG	Yes	No	2.30	4.25	45	0.25	0.49	13
40-ft, 8AWG	Yes	No	3.10	5.60	60	0.37	0.77	20

*Legend: i: intermittent*

©Titeflex Corporation 2007 (reproduced herein by consent of Titeflex Corporation)

## *Les essais réalisés sur le CSST*

---



- ▶ **Ces essais sont représentatifs d'une contrainte foudre venant de l'extérieur.**
- ▶ **L'arc ne dépend que du générateur et de la longueur et type de conducteur utilisé pour la mise à la terre. Quand cette liaison est suffisamment longue, la tension conduit à un amorçage.**
- ▶ **L'impédance du CSST n'est pas mise en jeu dans ces essais.**
- ▶ **L'augmentation de température de l'acier inox n'est pas prise en compte.**

## *Les essais complémentaires*

---

- ▶ **Des CSST spécifiquement construits pour tenir la contrainte foudre ont été testés différemment :**
  - Le point de mise à la terre est situé plus loin par rapport au générateur.
  - Le courant du générateur passe dans le CSST puis dans l'arc

## *Mise à la terre*



## *Questions*

---

- ▶ **Déterminer si la mise à la terre est la bonne solution vis à vis de la foudre.**
- ▶ **Si oui , comment réaliser cette mise à la terre et quelle dimensions pour le conducteur d'équipotentialité**
- ▶ **Déterminer où doit être faite la mise à la terre et si une mise à la terre multiple est utile**
- ▶ **Déterminer si des méthodes alternatives peuvent être utilisées comme par exemple une distance de séparation**



## 4. ANALYSE

---

- ▶ **Les trous n'apparaissent pas toujours là où la distance est minimale**
- ▶ **Des trous apparaissent même pour de courtes distances de CSST**
- ▶ **Quelques cas de dommages sans ligne électrique a proximité**
- ▶ **A priori plusieurs modes de défaillance**
- ▶ **A priori après une enquête internationale les dommages dus sur le CSST surviennent surtout aux USA (quelques cas au JAPON également).**

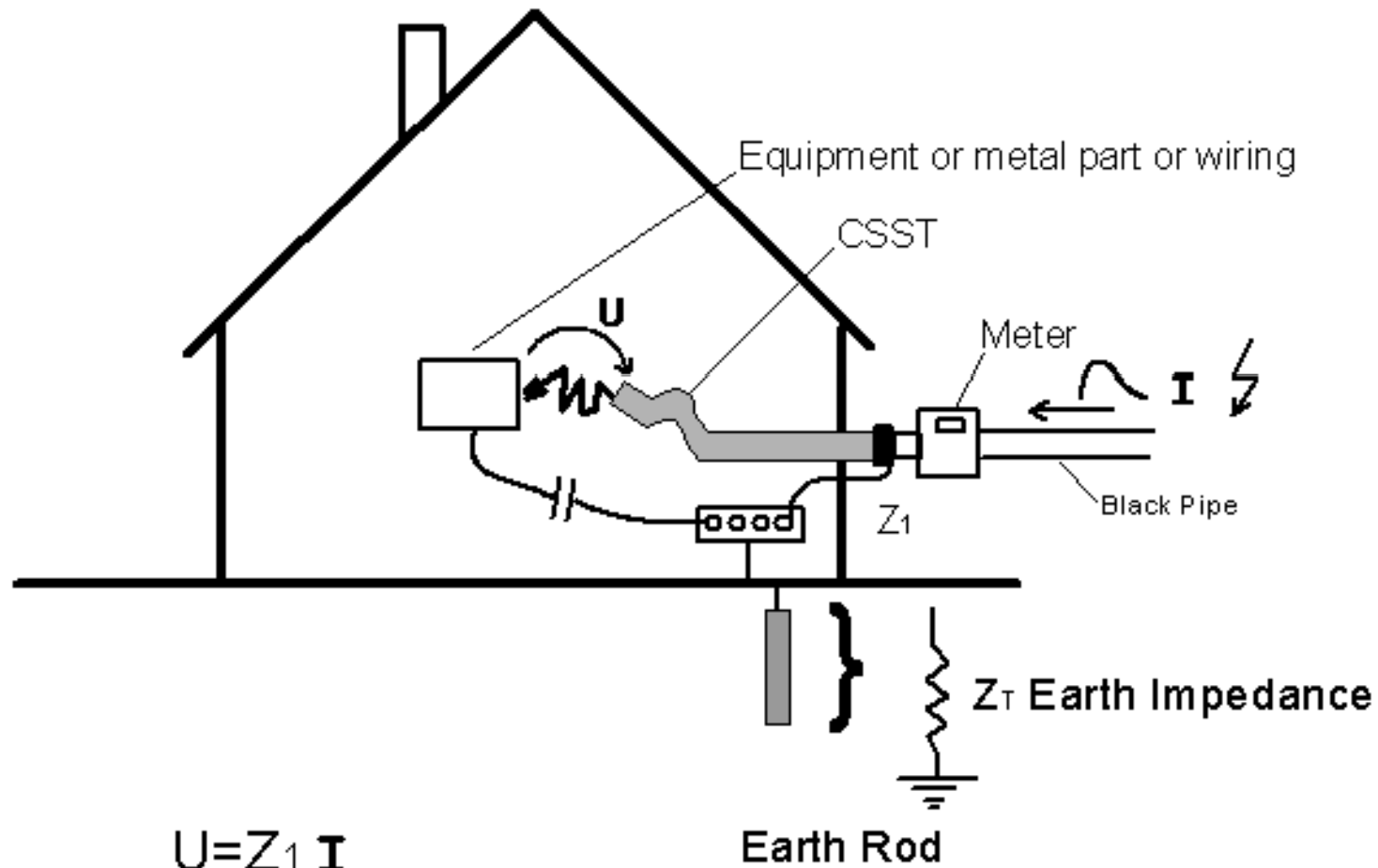
## *CONCLUSIONS - 1*

---




- ▶ **Pas de traitement statistique possible.**
- ▶ **Nécessité de développer des scénarios pour compenser**
- ▶ **La plupart des scénarios ont été validés par au moins un cas documenté**

## *Les scénarios de a à l*

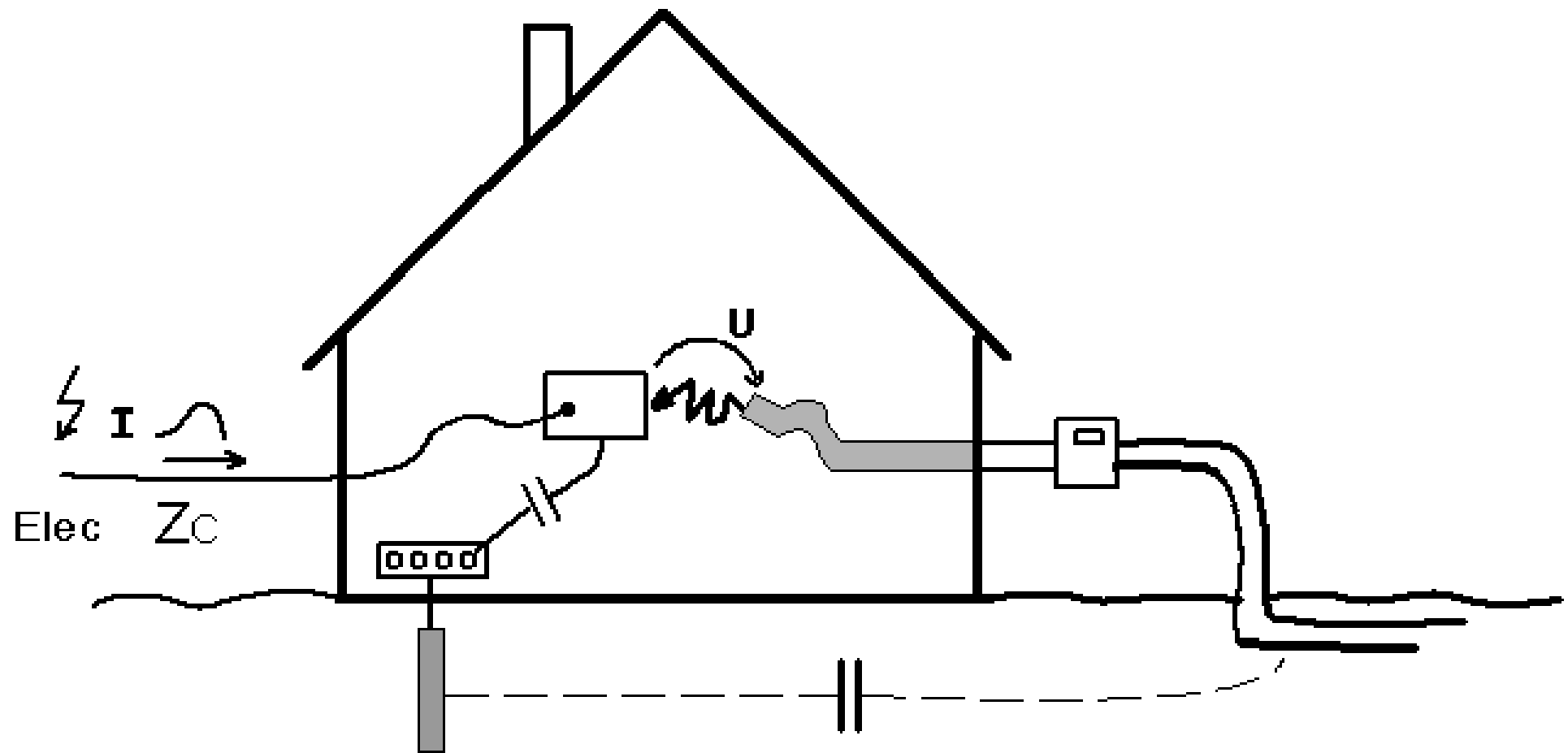


$Z_1$  : Bonding conductor impedance

$I$  : Surge current

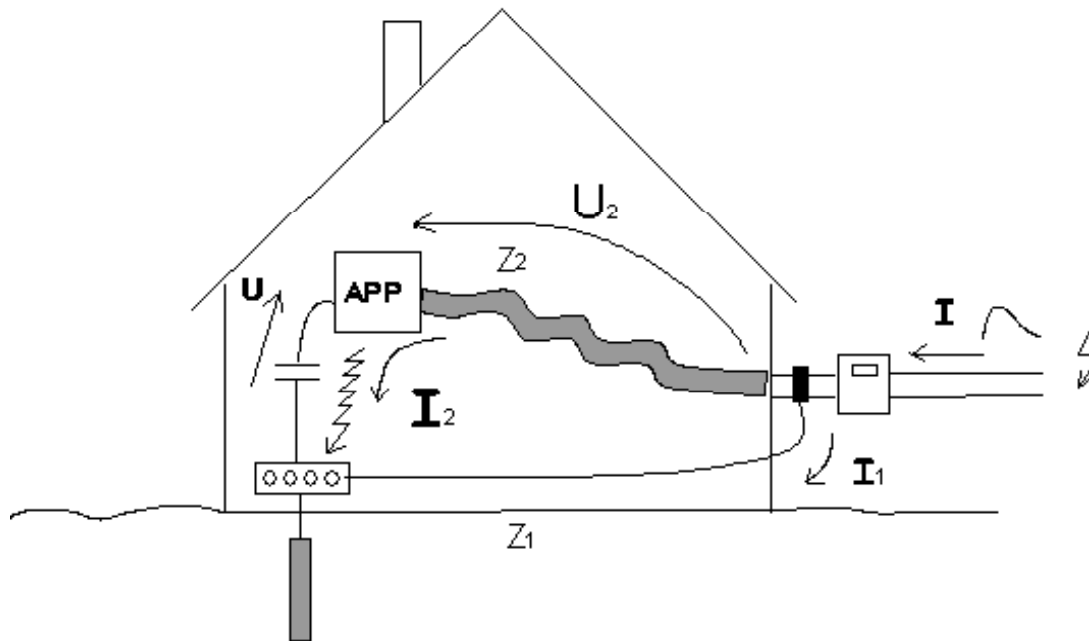
 : Capacitive coupling or direct link

## Scenario d



$$U = Z_c I$$

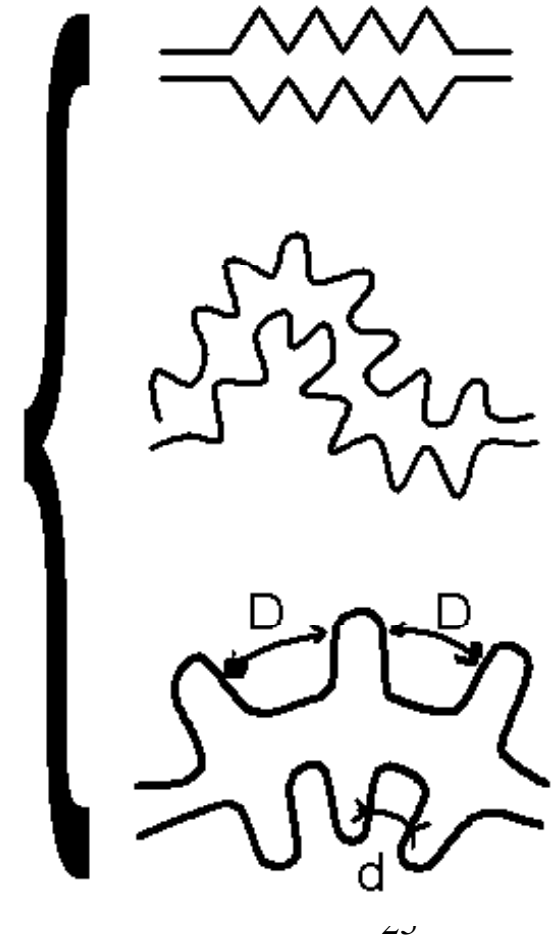
# Scenario g



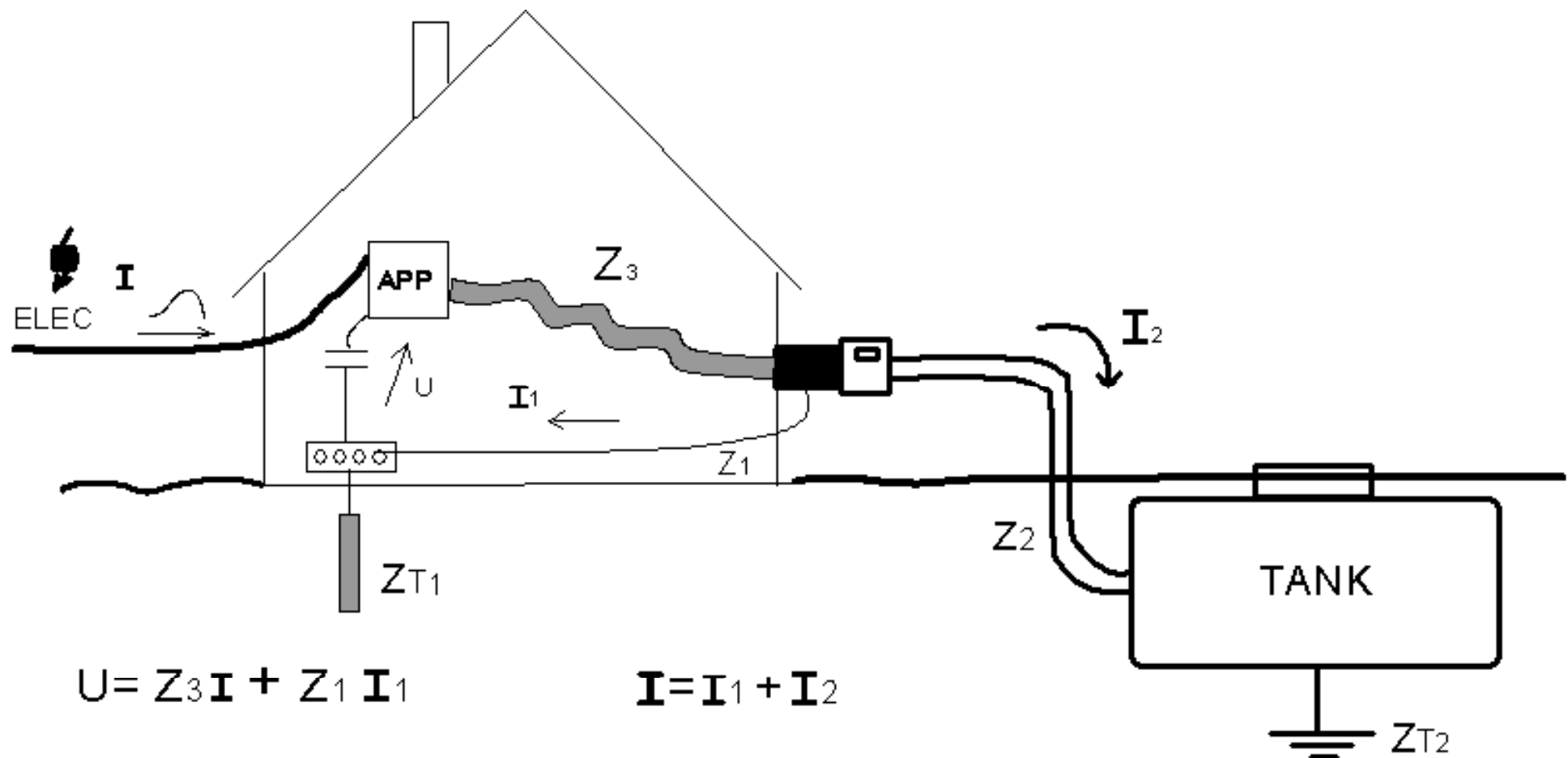
$$U_2 = Z_2 I_2$$

$$U = Z_2 I_2 - Z_1 I_1$$

$$I = I_1 + I_2$$



## Scenario h



$$U = Z_3 I + Z_1 I_1$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$(Z_{T1} + Z_1) I_1 = (Z_{T2} + Z_2) I_2$$

## *CONCLUSIONS - 2*

---



- ▶ **Le nombre limité d'incidents peut sembler pas plus élevé que les dommages dûs à la foudre sur les lignes électriques.**
- ▶ **Les essais réalisés jusqu'à présent et rendus publiques ne couvrent pas tous les scénarios**

## *CONCLUSIONS - 3*

---



- ▶ **Des modélisations sont nécessaires pour juger de l'influence d'une distance de séparation. Une seule mise à la terre peut ne pas suffire si cette liaison à la terre est longue.**
- ▶ **Il faut vérifier la tenue au courant de défaut du CSST (amplitude-durée)**
- ▶ **Il faut mesurer l'impédance haute fréquence du CSST avec prise en compte du rayon de courbure maximal**
- ▶ **Il faut réaliser des essais complémentaires en onde 8/20 et en onde 10/350**



## CONCLUSIONS - 4

---



- ▶ **La mise à la terre est la bonne solution ?.**
  - Choc de foudre direct : il faut un SPF
  - Chocs de foudre induits ou % d'un direct : la mise à la terre à l'entrée de l'installation va réduire la contrainte mais la solution est l'équipotentialité globale pas locale. Ceci peut être combiné avec une distance de séparation.
- ▶ **A priori la mise à la terre pourrait être faite avec un # 6 AWG mais des essais complémentaires sont nécessaires**

## Section de câbles

---

0 AWG	50 mm <sup>2</sup>
1 AWG	40 mm <sup>2</sup>
2 AWG	35 mm <sup>2</sup>
4 AWG	20 mm <sup>2</sup>
6 AWG	13 mm <sup>2</sup>
8 AWG	9 mm <sup>2</sup>
10 AWG	6 mm <sup>2</sup>
12 AWG	4 mm <sup>2</sup>
14 AWG	2,50 mm <sup>2</sup>
16 AWG	1,50 mm <sup>2</sup>
18 AWG	1 mm <sup>2</sup>
20 AWG	0,75 mm <sup>2</sup>