

# La maîtrise des risques électriques en milieu hospitalier



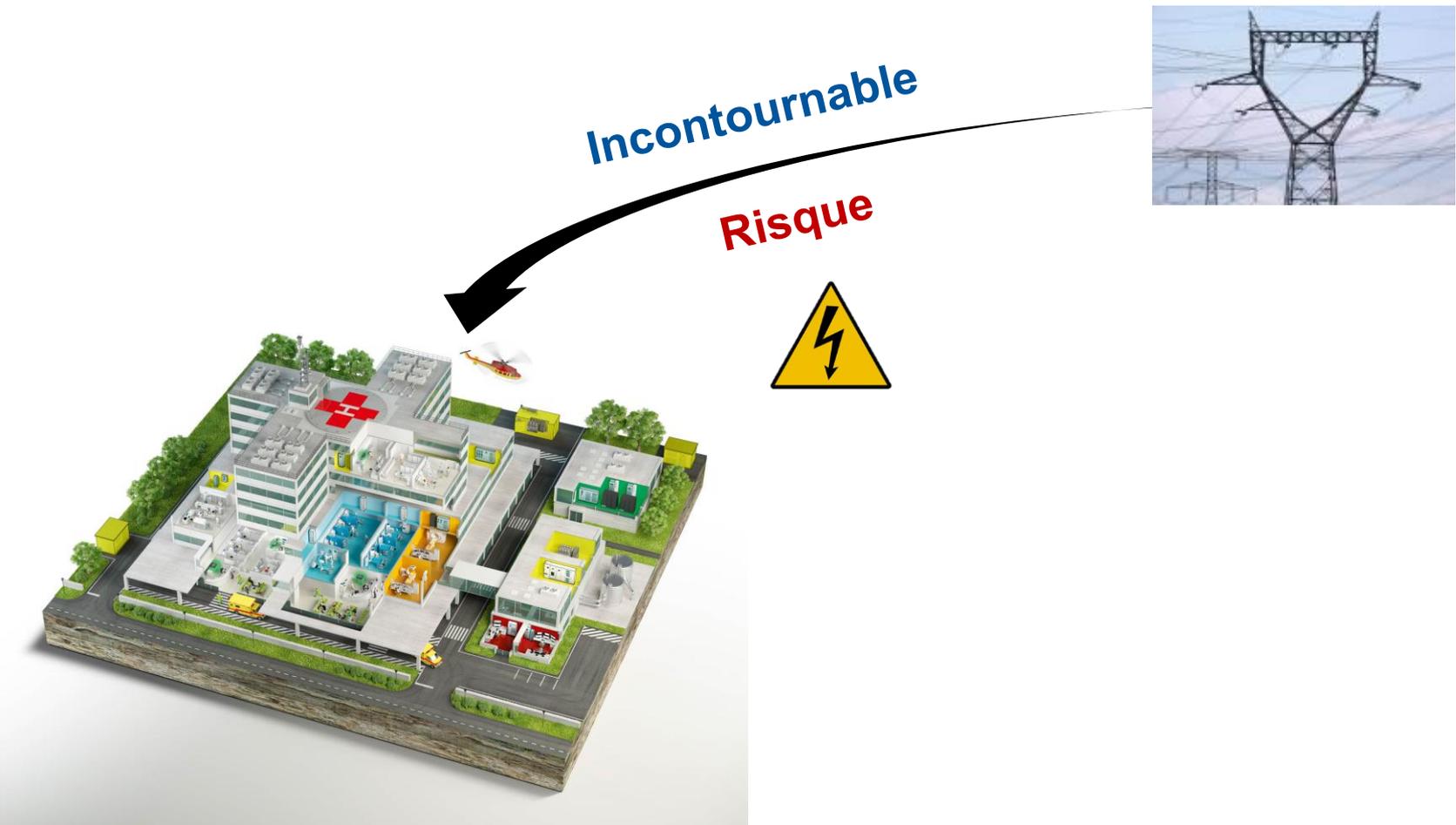
Hervé MAGONI  
Ingénieur Segment Hospitalier



# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques

# L'énergie électrique en milieu hospitalier



# Exemple d'accidents électriques



# Défaillance et maîtrise des risques

## Défaillance

- **Coupure** du fournisseur d'énergie
- **Déclenchement** intempestif
- **Pannes**
- **Erreurs** humaines

## Maîtrise des risques

- Assurer la **continuité** de l'alimentation électrique
- Garantir le niveau de **disponibilité** de l'énergie

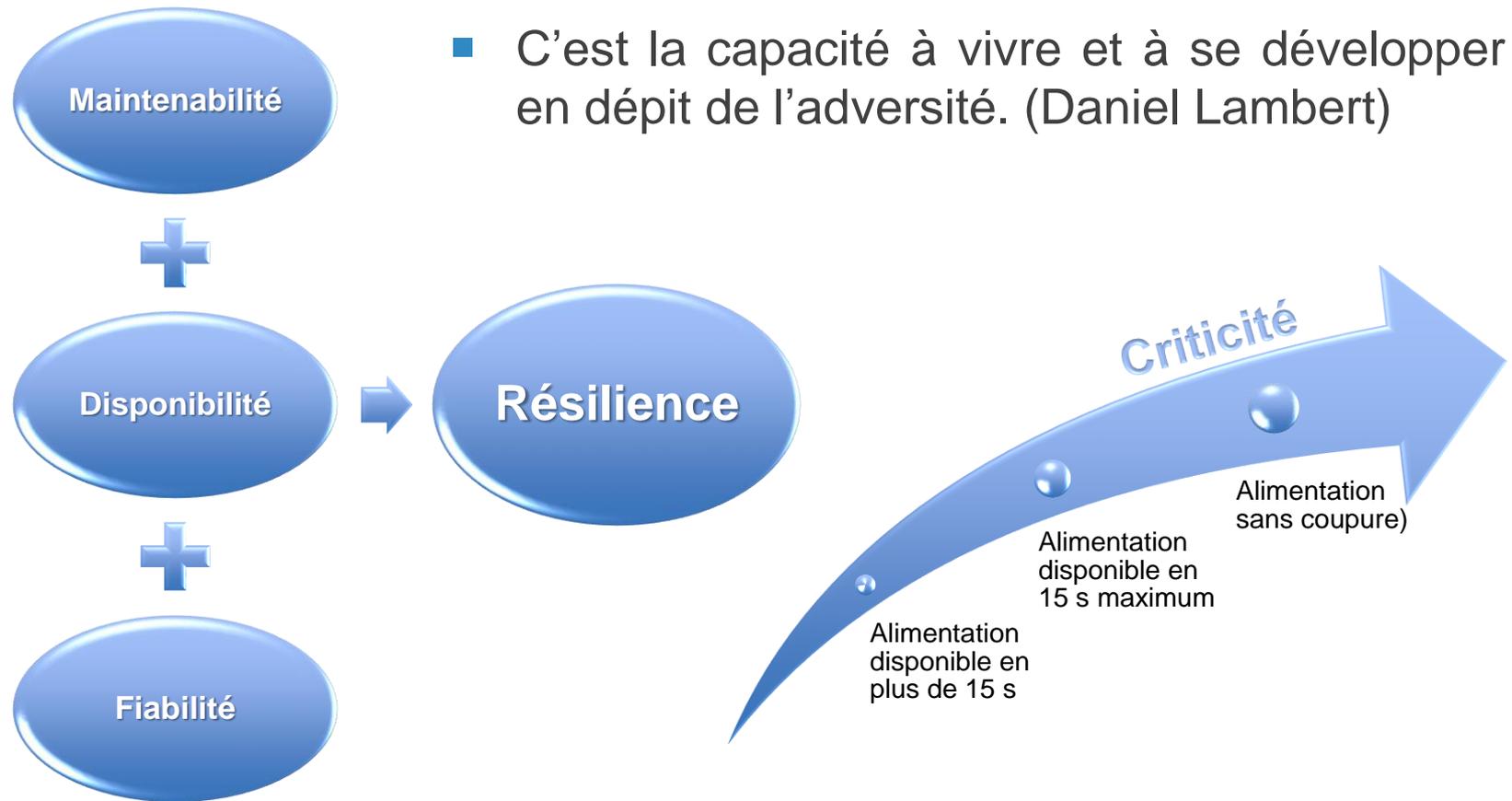
# Maîtrise des risques

## ■ Criticité et résilience

- Identification et hiérarchisation des besoins en terme de continuité d'alimentation électrique : **criticité**
- Identification des **contraintes** liées au bâtiment
- Définition des plans de **maintenance**
- Surveillance continue de la **qualité de l'énergie** électrique
- Définition du **niveau de résilience** de l'architecture électrique

# La résilience, c'est quoi ?

- C'est la capacité à vivre et à se développer en dépit de l'adversité. (Daniel Lambert)



# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
  3. Monitoring
  4. Alimentation des locaux à usage médical
  5. Maintenance

- DHOS/E4 Octobre 2000 : Sécurité électrique dans les établissements de santé publics et privés.
- Circulaire du 25 octobre 2004 : Prévention des risques électriques dans les établissements de santé.
- DHOS/E4 n°2006-393 du 8 septembre 2006 : Conditions techniques d'alimentation électrique des établissements de santé publics et privés.
  - Assurer la continuité de l'alimentation électrique est une obligation légale.

# Aspect législatif : DHOS/E4 n°2006-393 du 8 septembre 2006



- 3 sources.
- Analyse des risques électriques (à priori et postérieur).
- Préparation technique au risque électrique.
- Test mensuel des installations normales / secours.  
Test semestriel durci.
- La capacité des installations de secours doit pouvoir reprendre la totalité des charges prioritaires.
- Traçabilité des opérations de maintenance préventives et correctives.
- Formation et habilitation du personnel technique.

- DHOS/E4 n°2006-525 du 8 décembre 2006 : Prévention des risques électriques dans les conditions climatiques de grand froid.
- Décret n°2007-1344 du 12 septembre 2007 / article R6111-22 : Sécurité des établissements de santé en cas de défaillance du réseau d'énergie.
- DHOS/E4 n°2008-114 du 7 avril 2008 : Prévention des coupures électriques dans les établissements de santé.
- Décret n° 2009-597 du 26 mai 2009 - art. 4. : sécurité des établissements de santé en cas de défaillance du réseau d'énergie.

- NFC – 13 200 Installations électriques HTA
- NFC – 13 100 Installations électriques HTA (à l'intérieur d'un bâtiment)
- NFC – 15 100 Installations électriques BT
- NFC – 15 211 Installations électriques BT dans les locaux à usage medical
  
- UTE 18 510 recueil de prescriptions de sécurité d'ordre électrique



# Obligations et responsabilités pénales

- Chef d'établissement
  - Prend les mesures nécessaires :
    1. pour assurer la sécurité
    2. pour protéger la santé des travailleurs de l'établissement, y compris les travailleurs temporaires (Art. L4121-1 (L230-2) du Code du travail)
  - Actions de prévention, d'information et de formation.
  
- Tout le monde peut être concerné par la responsabilité en cas d'accident :
  - Le chef d'entreprise
  - Le personnel d'encadrement ou de la hiérarchie
  - Les techniciens, les opérateurs et les exécutants.....

# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- **Maitrise des risques :**
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Les nœuds de criticité
  3. Le monitoring
  4. Alimentation des locaux à usage médical
  5. Maintenance

# Maitrise des risques électriques

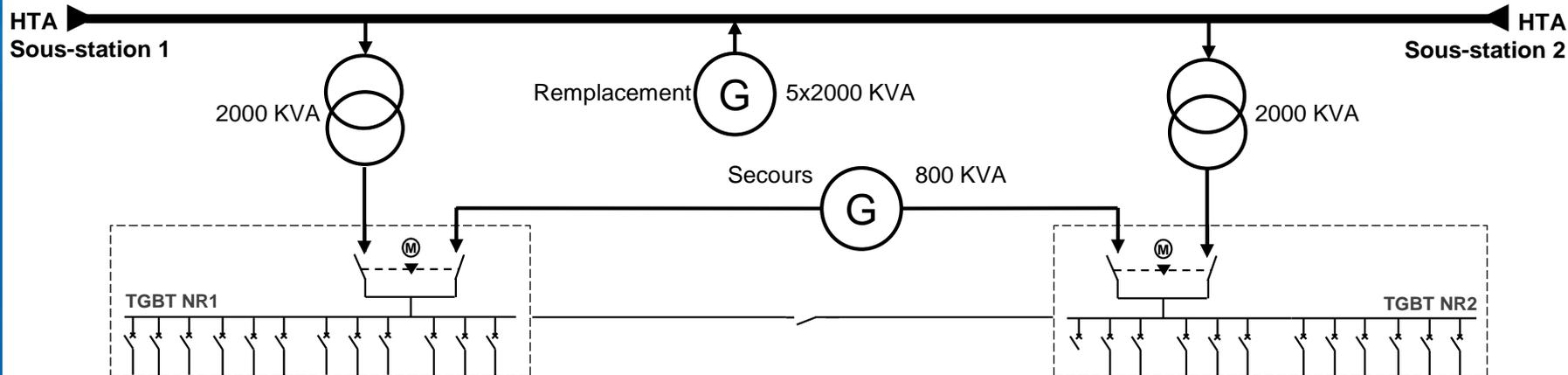
- Pour maitriser les risques, il faut au préalable les analyser :
  - Comment assurer la continuité de service dans les activités à risques et pendant combien de temps ?
  - Les causes des pannes et leurs conséquences ?
  - Criticité acceptable par l'exploitant ?
- La gestion des risques est une obligation légale.



# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
  3. Monitoring
  4. Alimentation des locaux à usage médical
  5. Maintenance

# Exemple d'architecture électrique en France

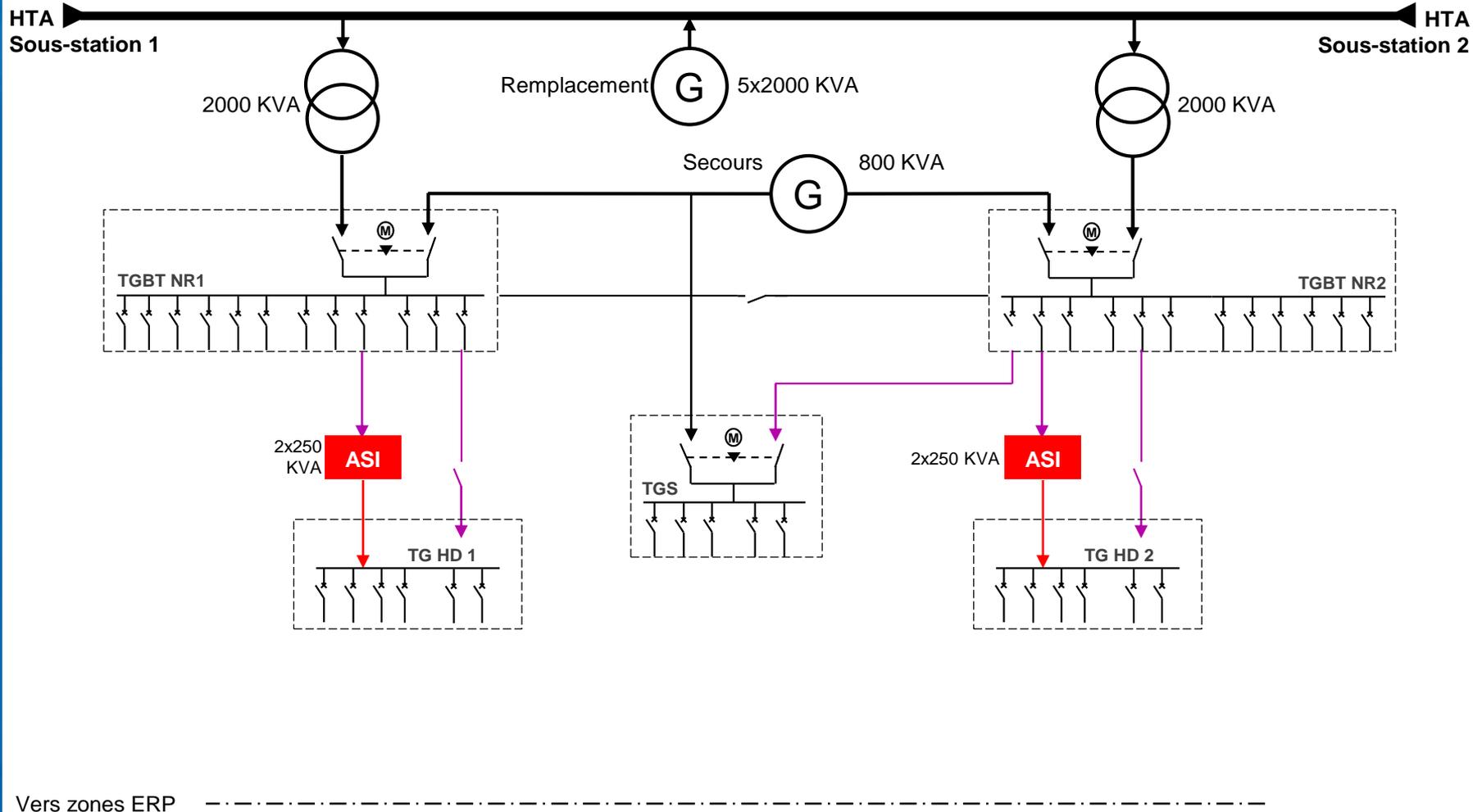


Vers zones ERP

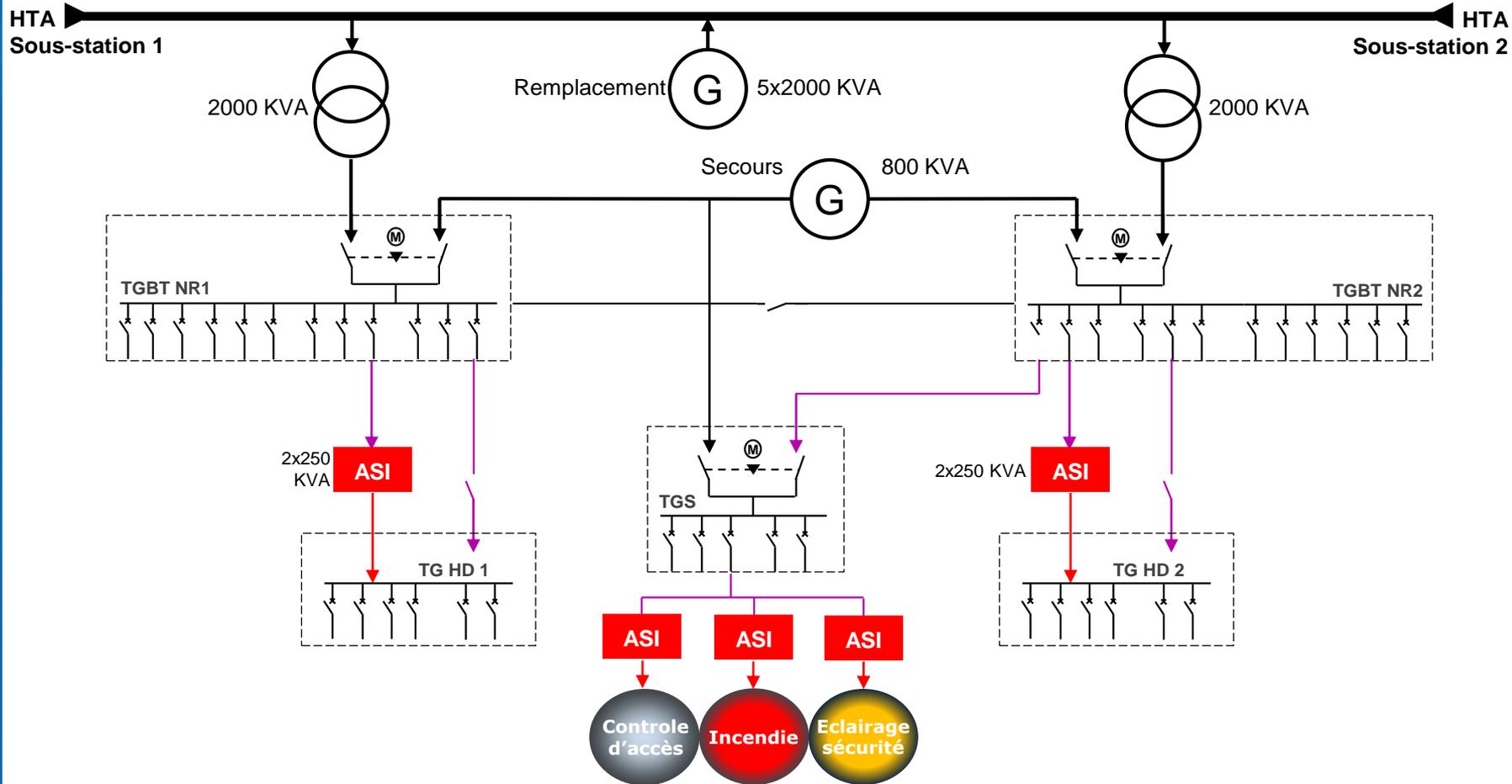
Légende :

- Alimentation normale
- Alimentation N / R
- Alimentation HD

# Exemple d'architecture électrique en France

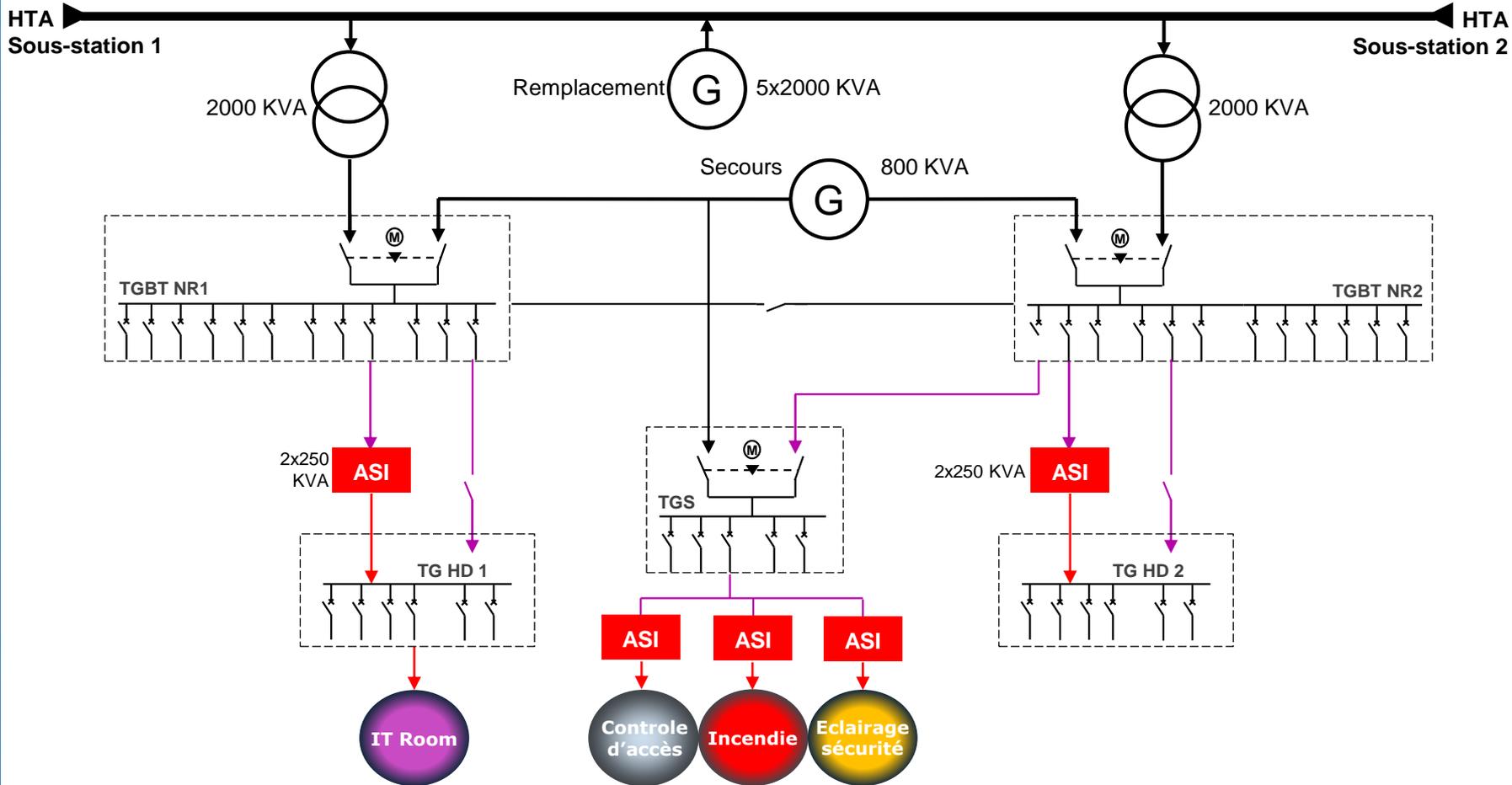


# Exemple d'architecture électrique en France



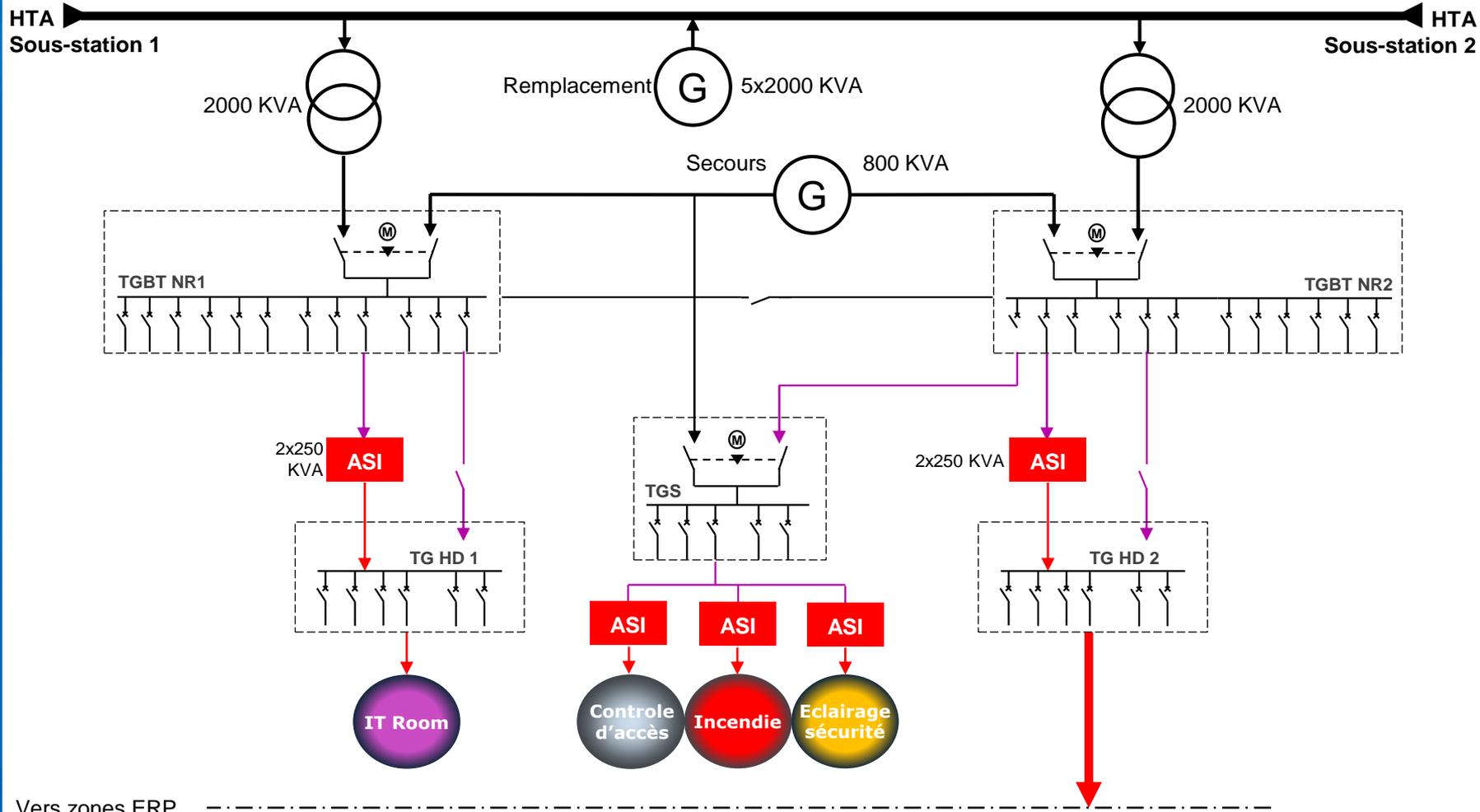
Vers zones ERP

# Exemple d'architecture électrique en France



Vers zones ERP

# Exemple d'architecture électrique en France

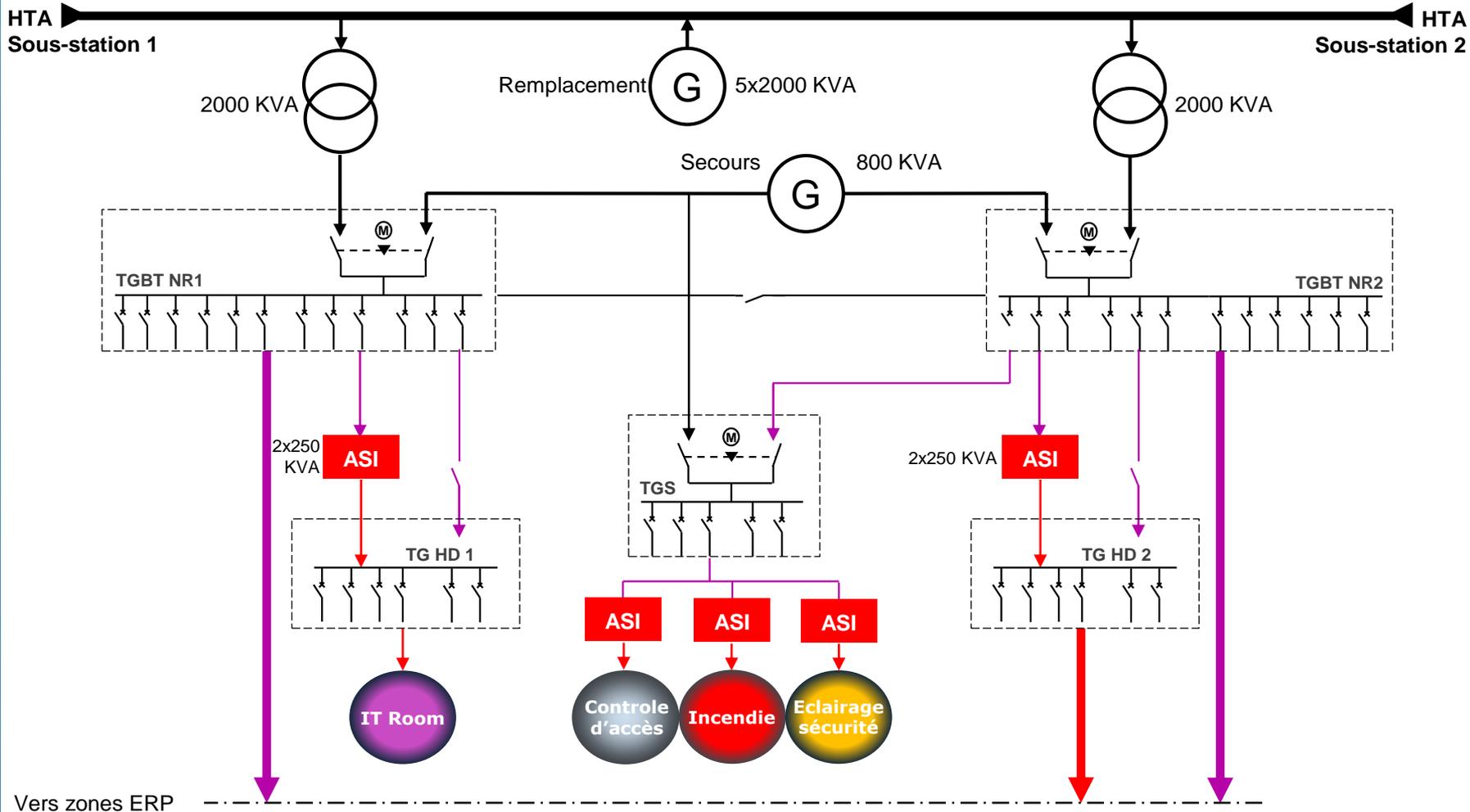


Vers zones ERP

Légende :

- Alimentation normale
- Alimentation N / R
- Alimentation HD

# Exemple d'architecture électrique en France

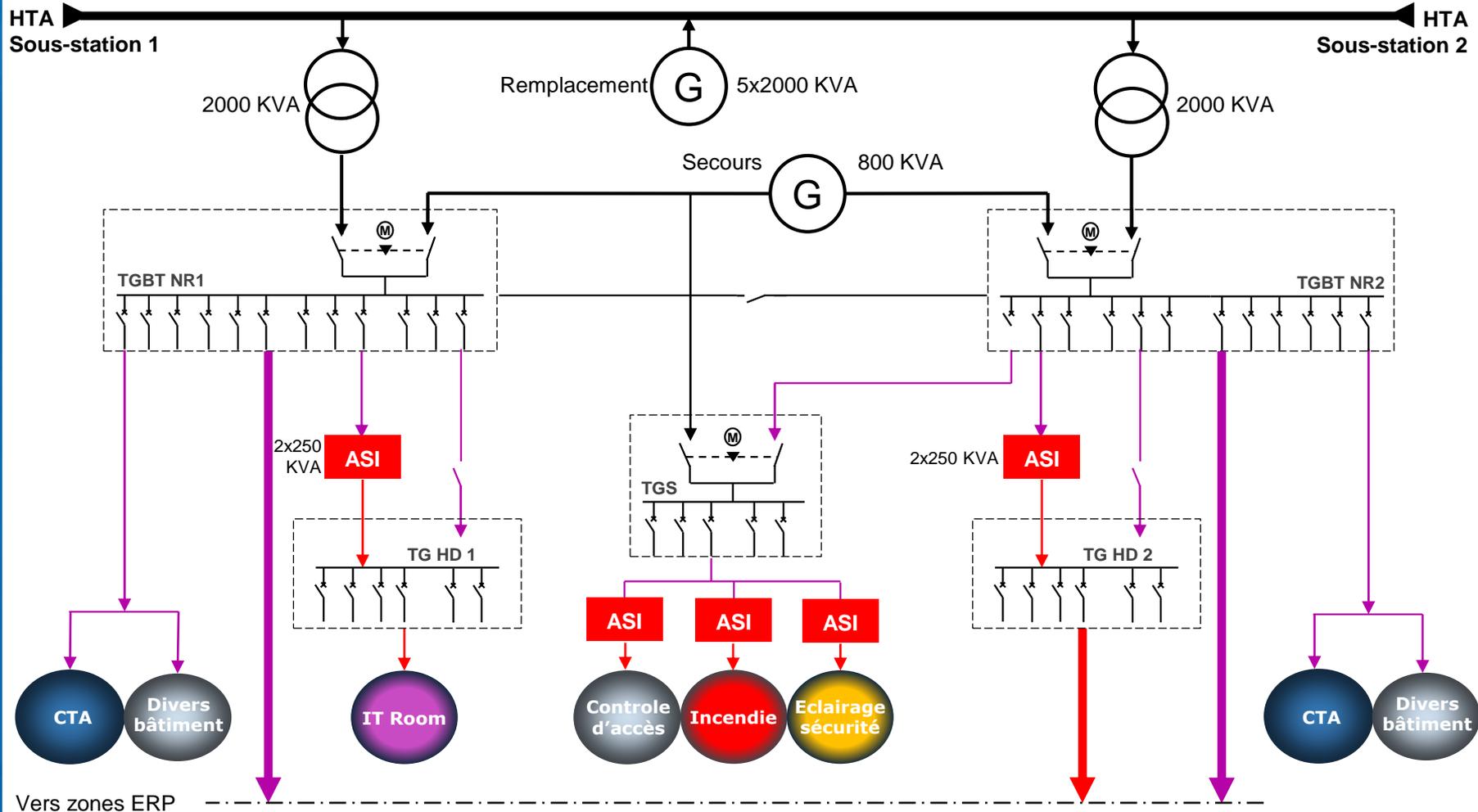


Vers zones ERP

Légende :

- Alimentation normale
- Alimentation N / R
- Alimentation HD

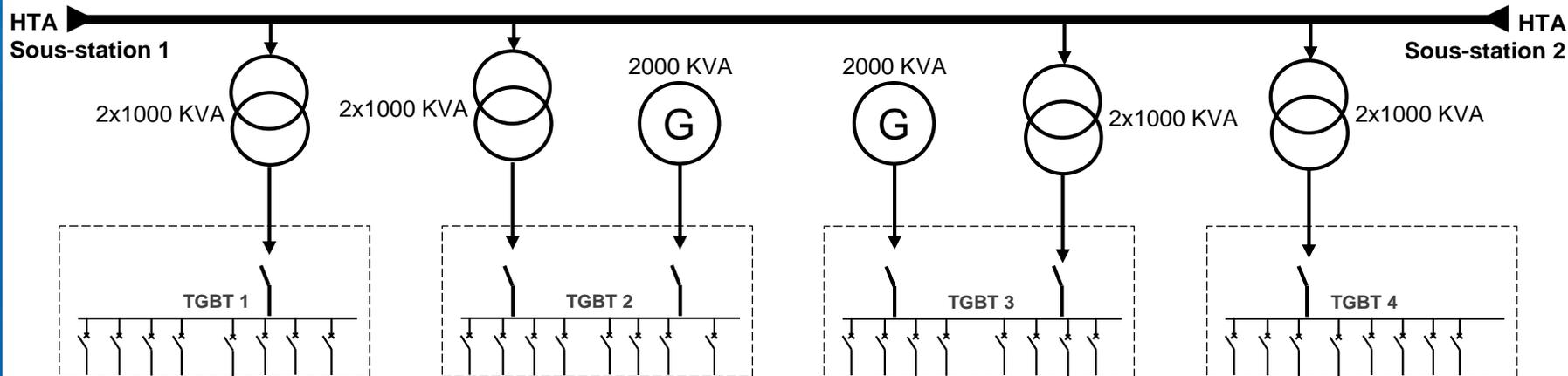
# Exemple d'architecture électrique en France



Légende :

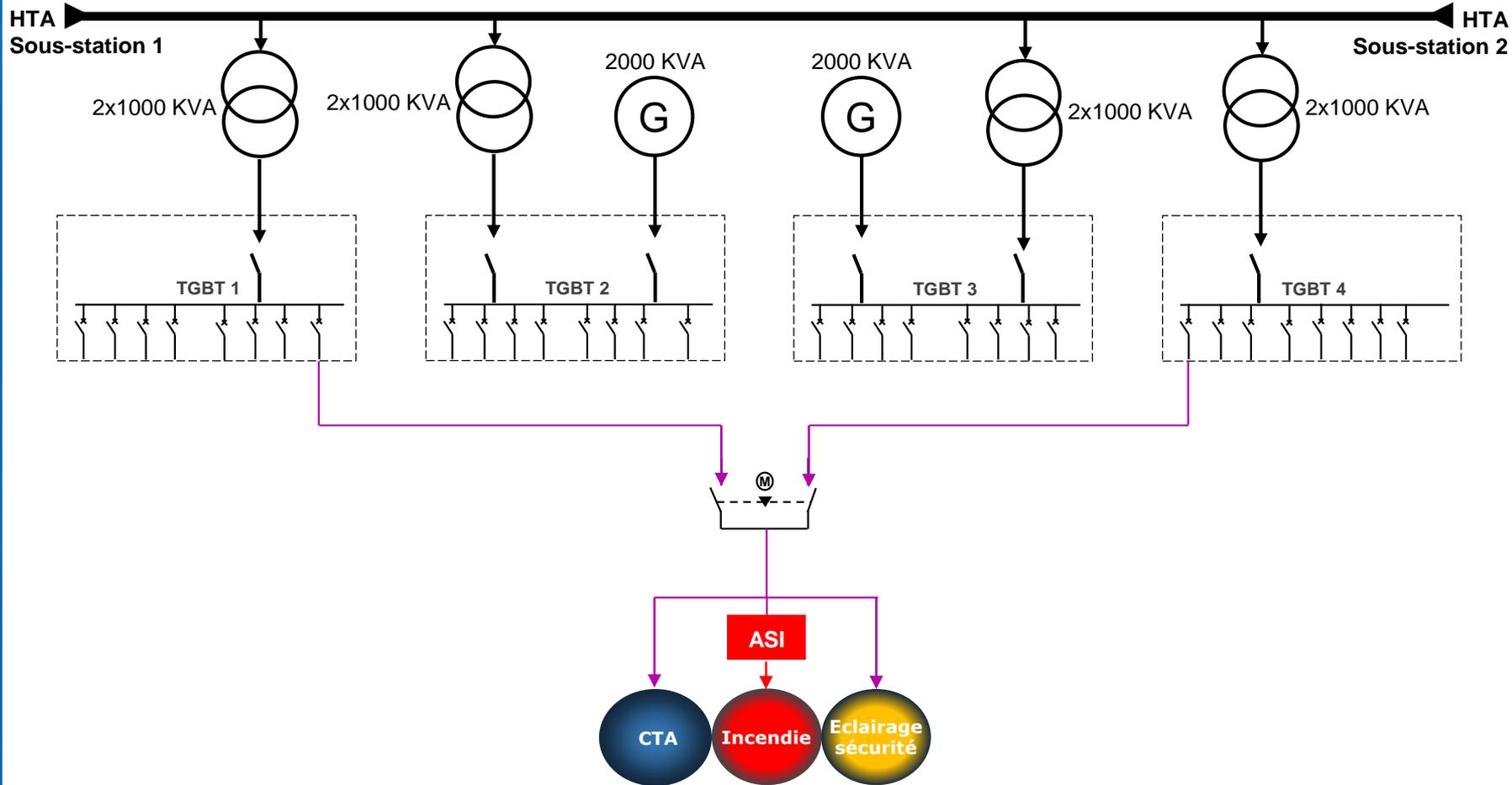
- Alimentation normale
- Alimentation N / R
- Alimentation HD

# Exemple d'architecture électrique en Belgique



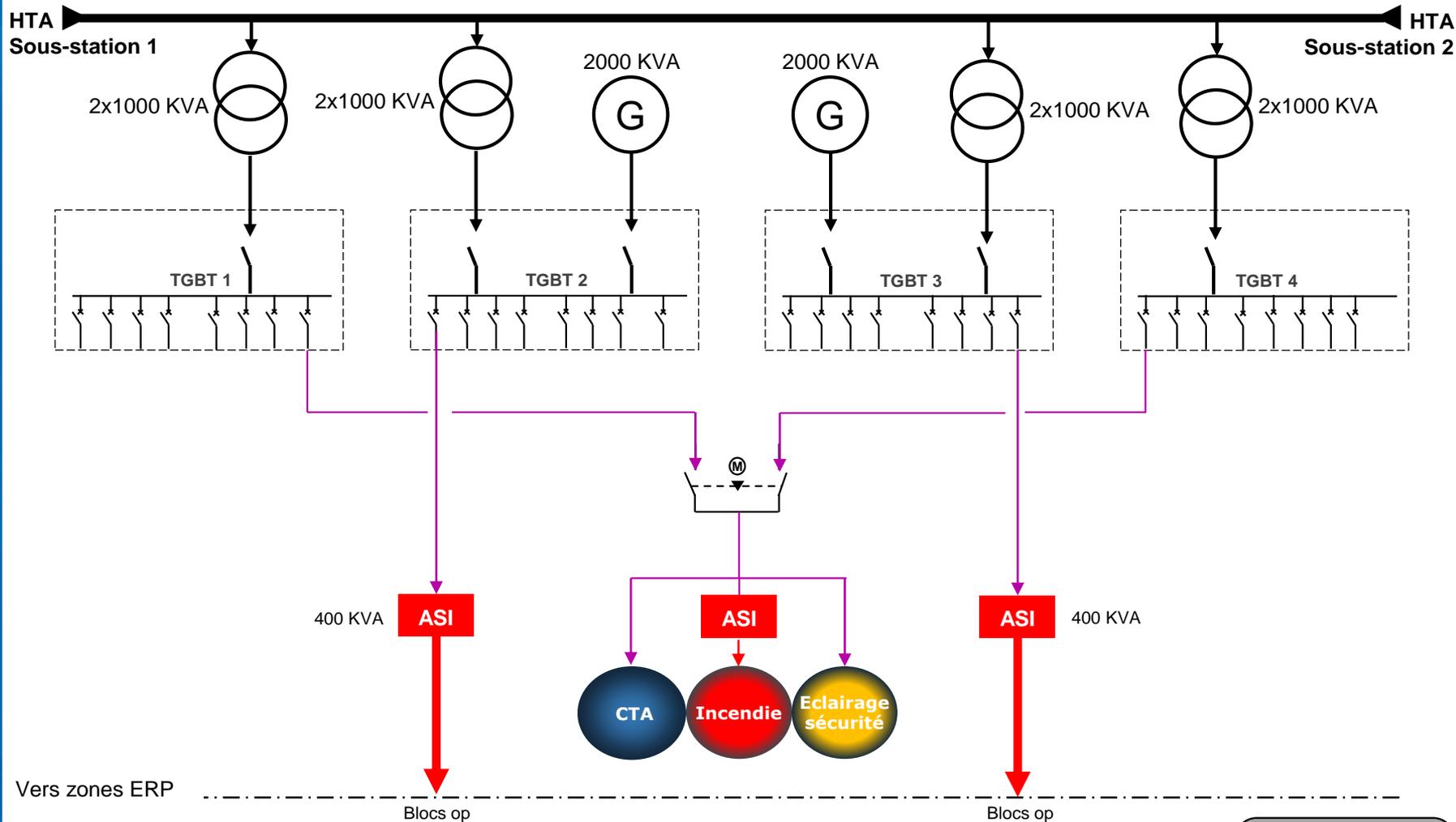
Vers zones ERP

# Exemple d'architecture électrique en Belgique

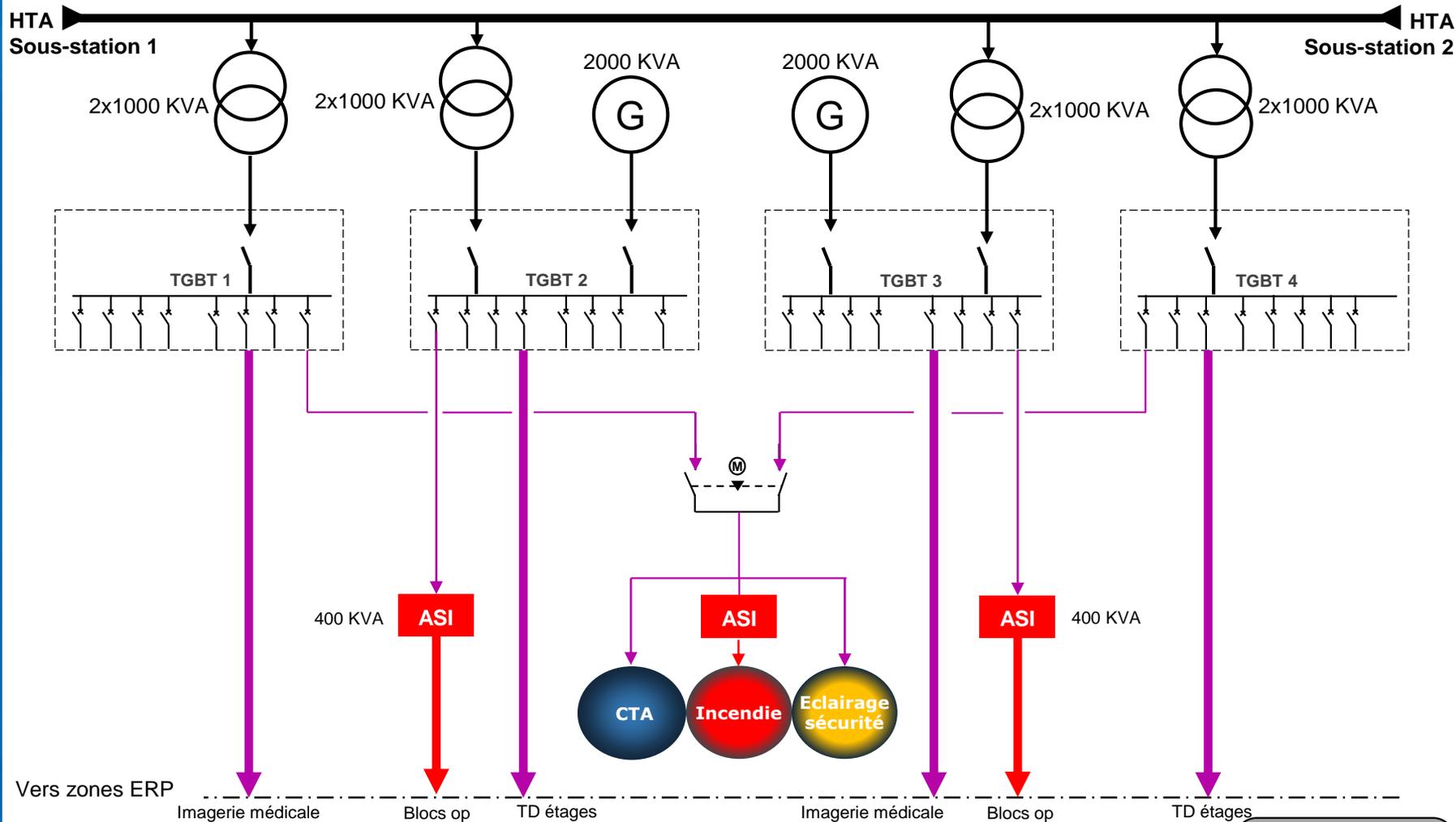


Vers zones ERP

# Exemple d'architecture électrique en Belgique



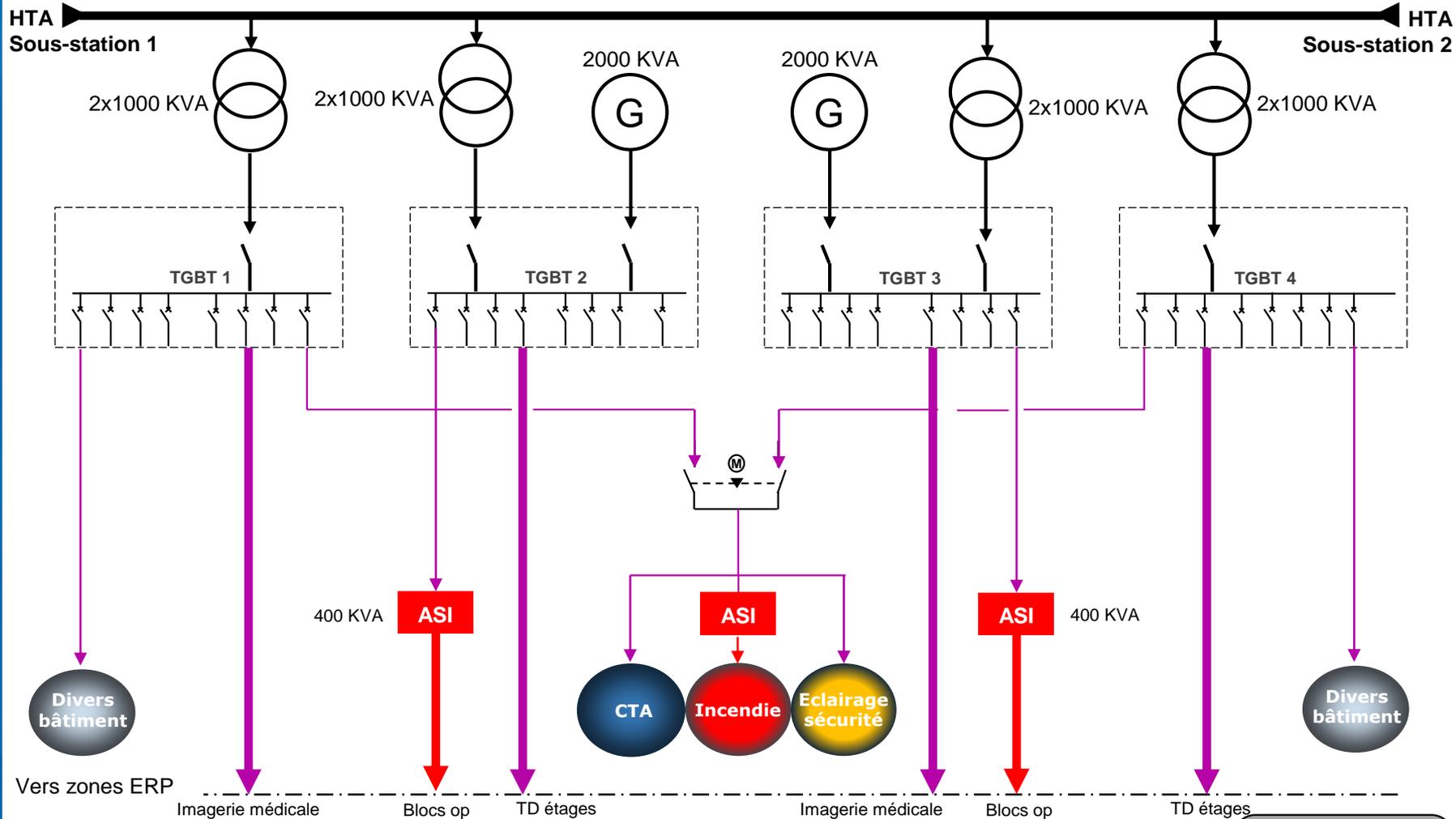
# Exemple d'architecture électrique en Belgique



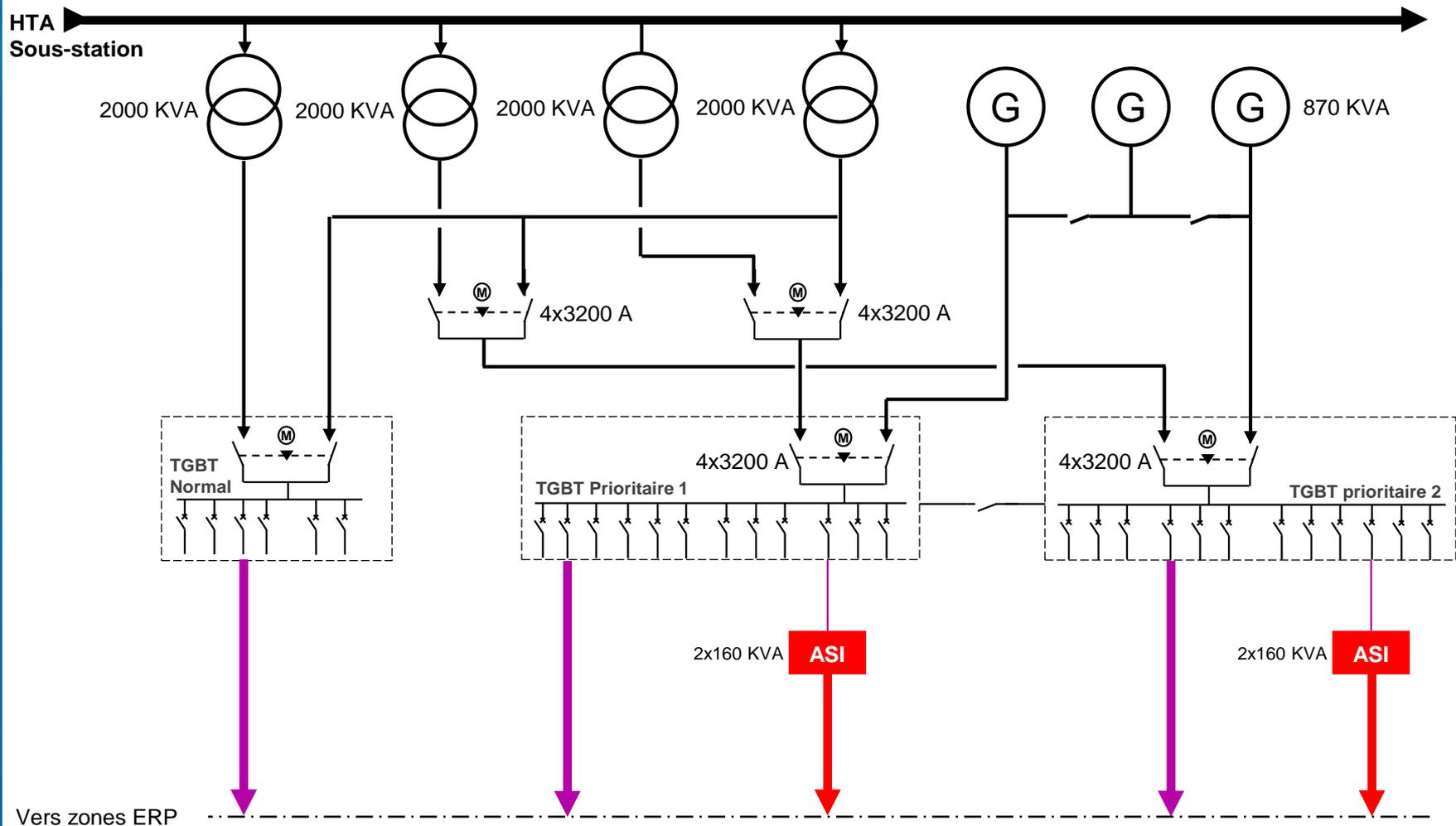
Légende :

- Alimentation normale
- Alimentation N / R
- Alimentation HD

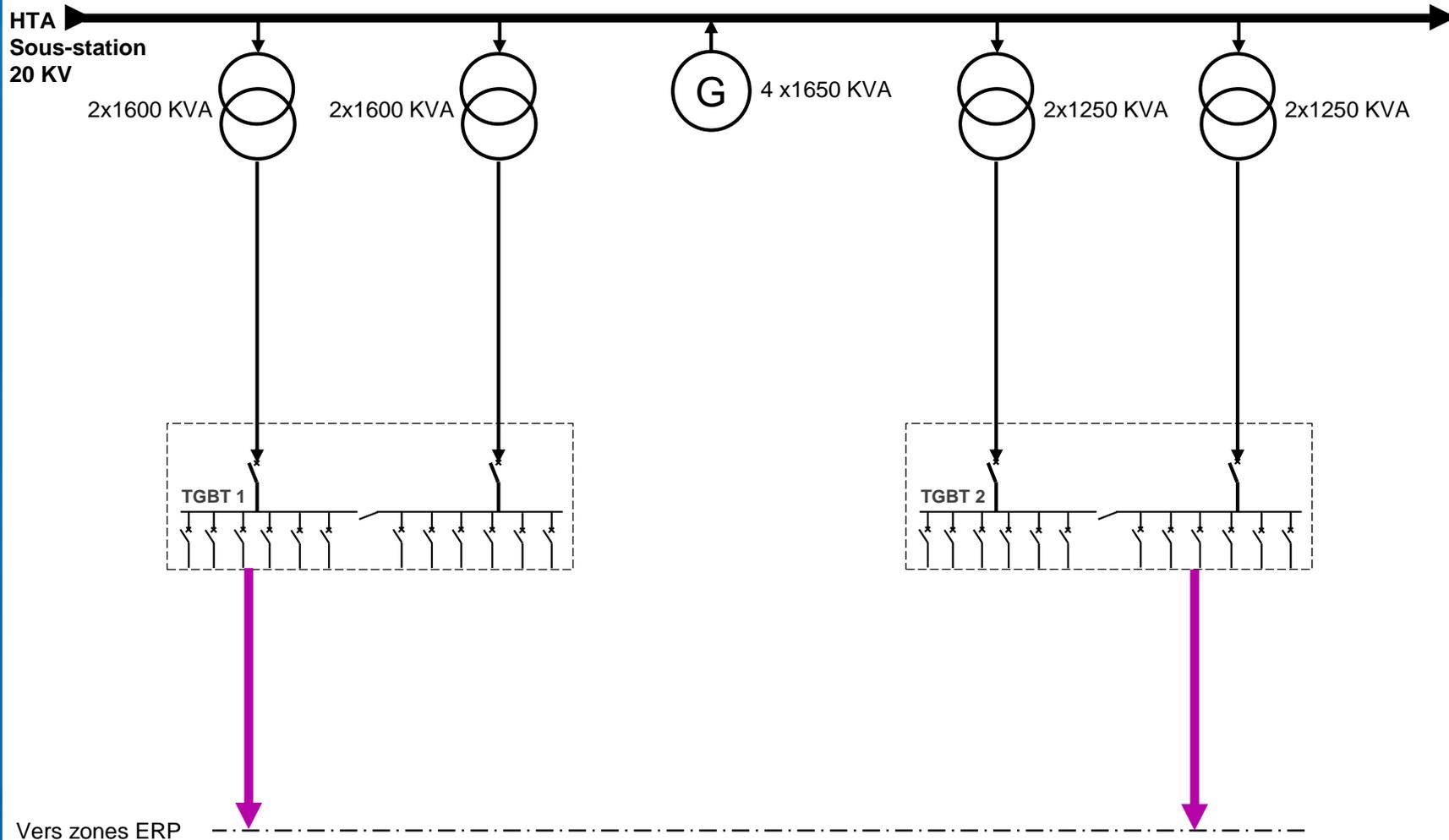
# Exemple d'architecture électrique en Belgique



# Exemple d'architecture électrique en Italie



# Exemple d'architecture électrique en Espagne



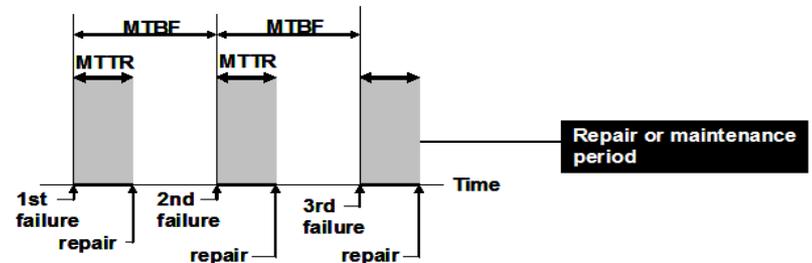
# Disponibilité des sources

$$A = \left(1 - \frac{MTTR}{MTBF}\right) * 100$$

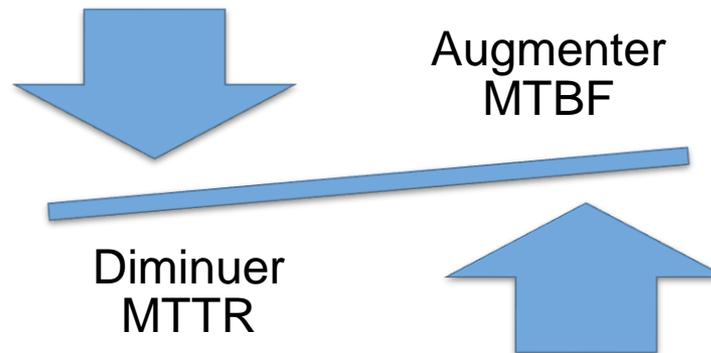
A = Disponibilité

MTTR = Temps moyen de réparation

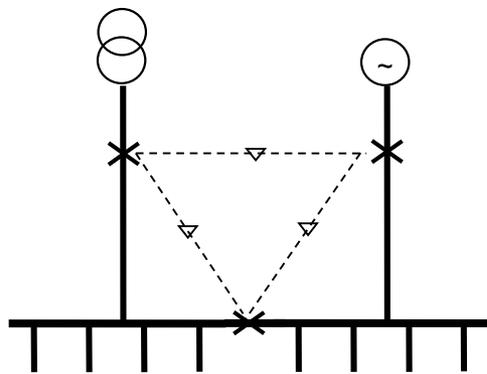
MTBF = Temps moyen entre deux défaillances



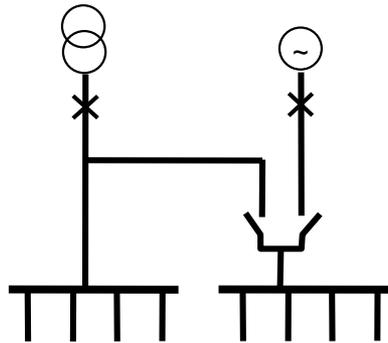
Leviers:



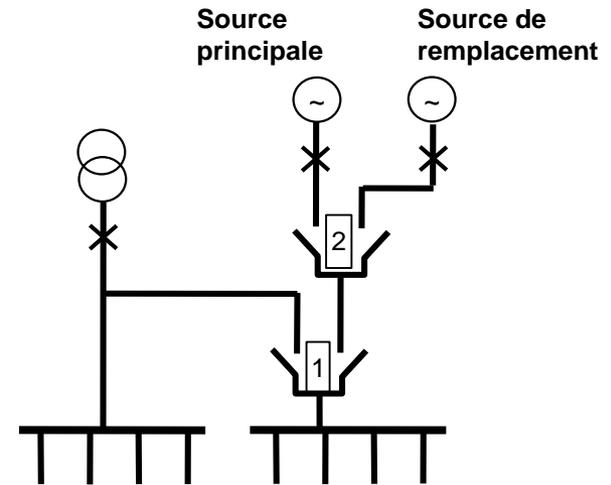
# Disponibilité des sources



**Disponibilité = 99,9392 %**



**Disponibilité = 99,9922 %**

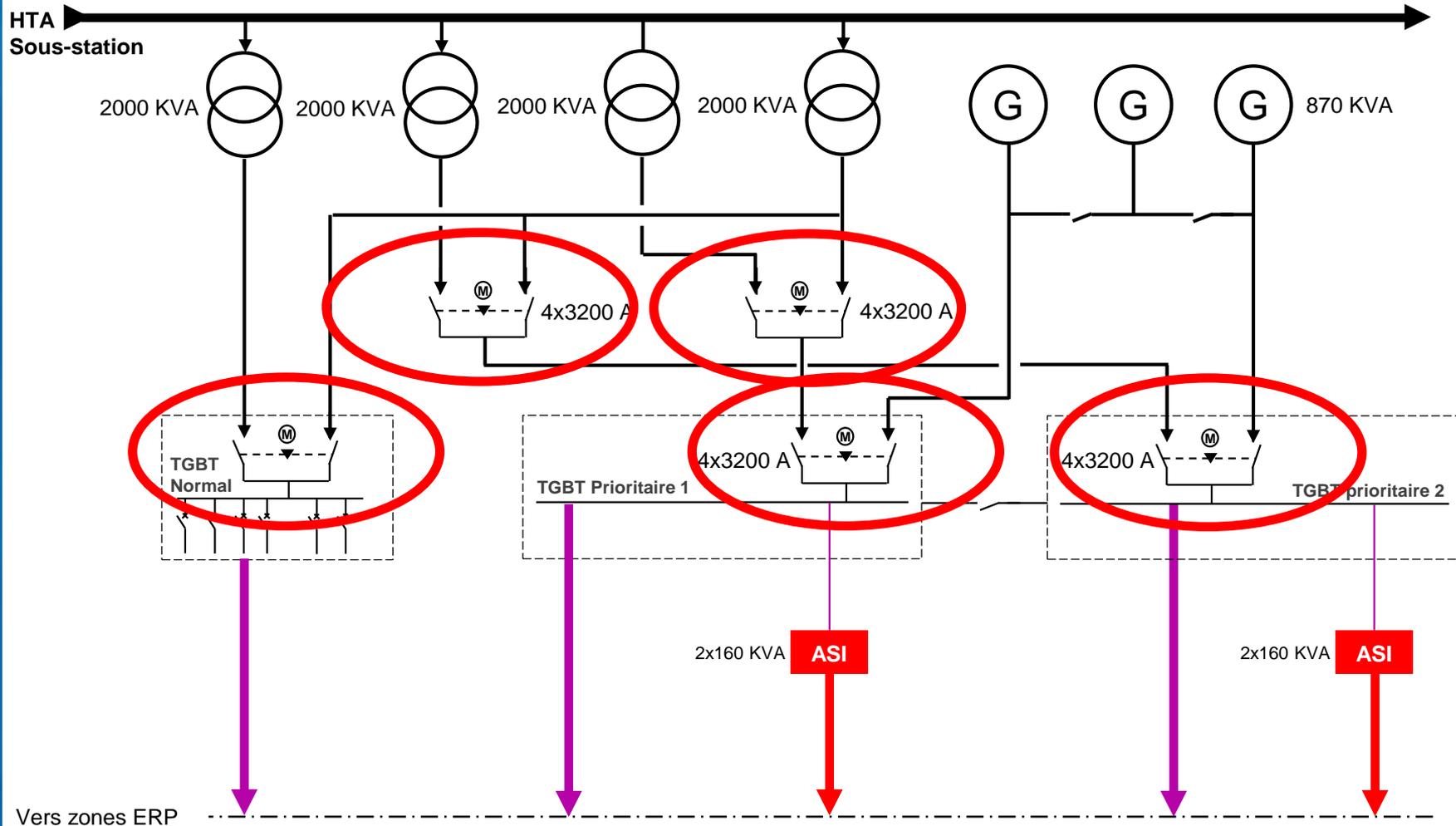


**Disponibilité = 99,9989 %**

# Sommaire

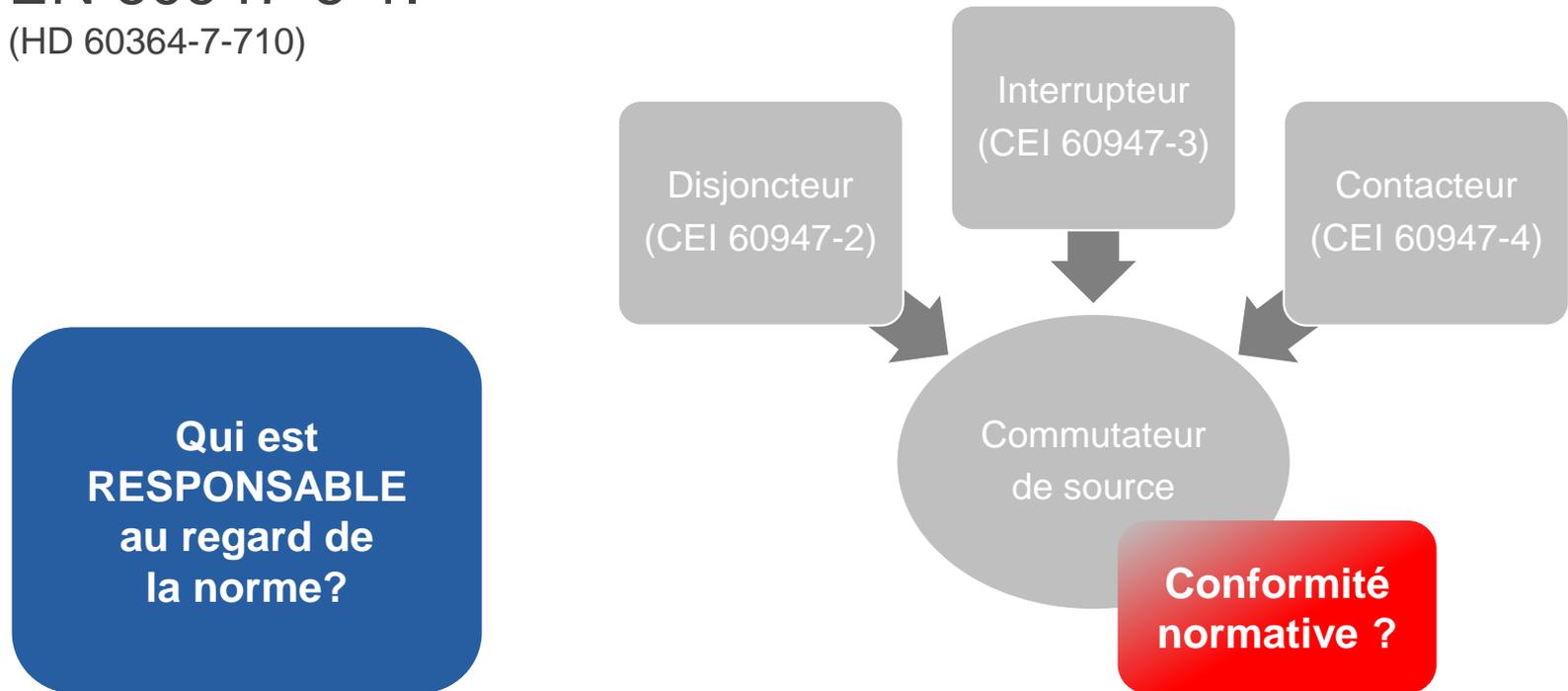
- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
    - a) Système de commutation
    - b) Tableau de distribution
    - c) Alimentation Sans Interruption

# Exemple d'architecture électrique en Italie



# Fiabilité des systèmes de commutation

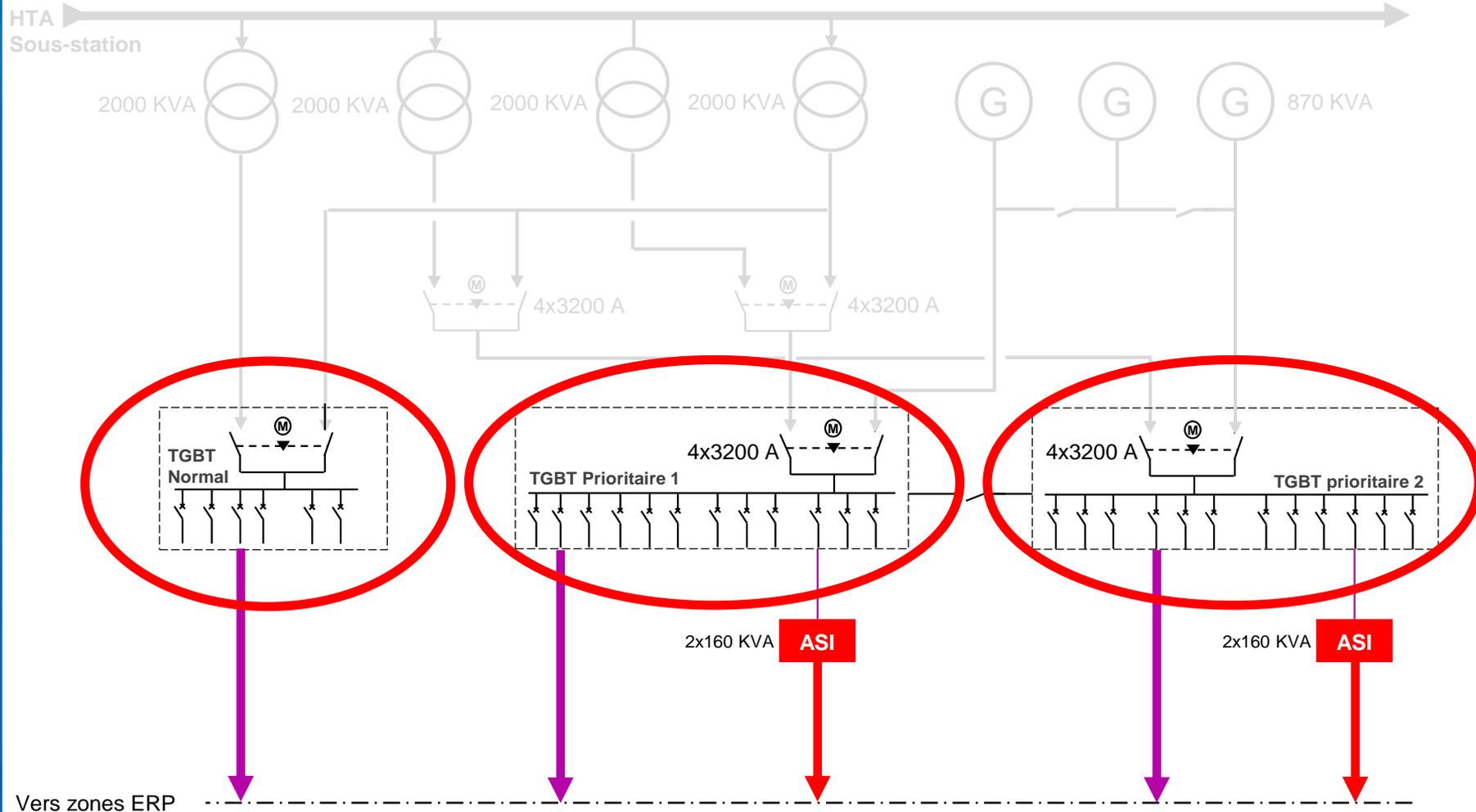
- Dispositif automatique de permutation conforme à la EN 60947-6-1.  
(HD 60364-7-710)



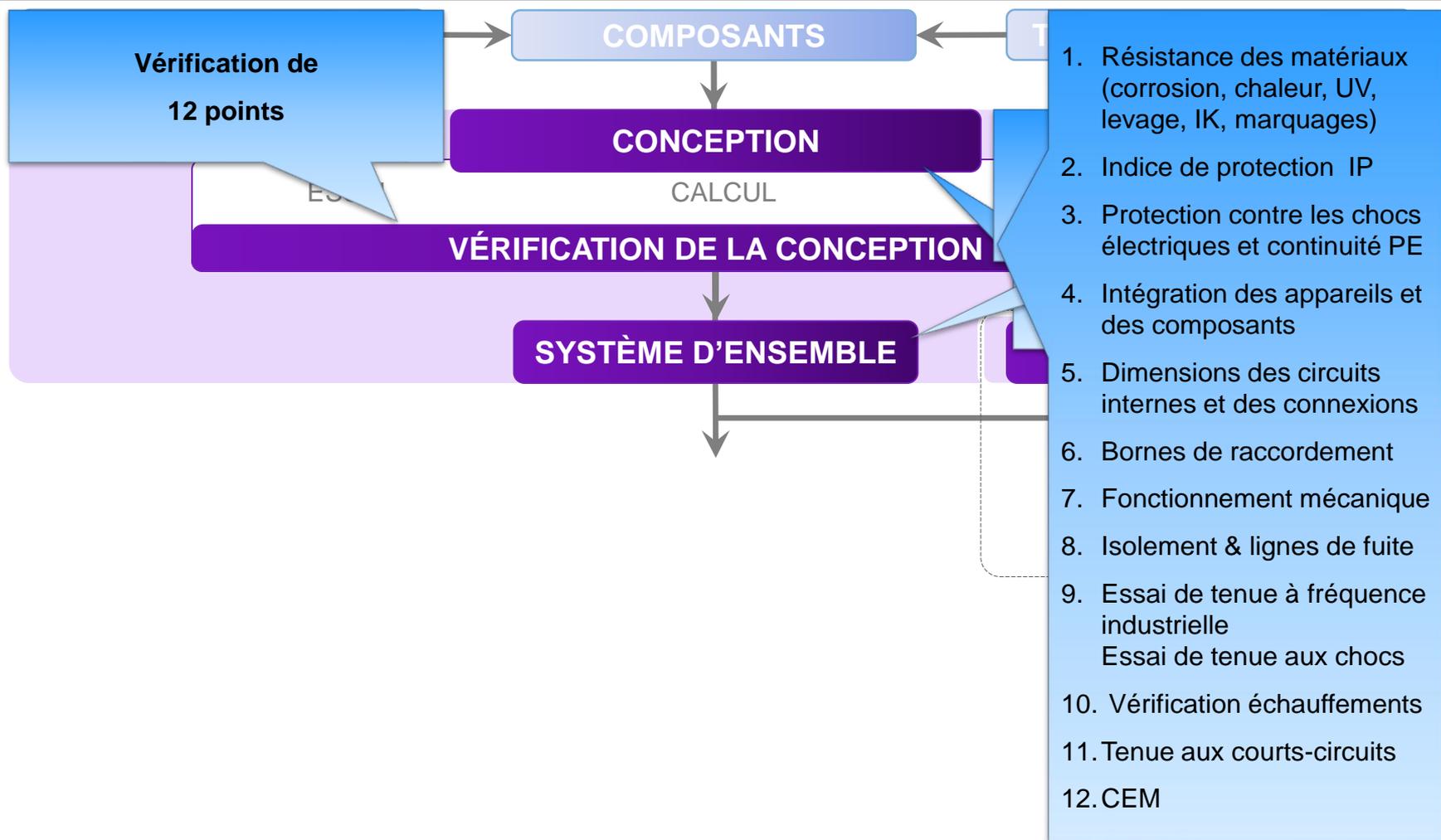
# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
    - a) Système de commutation
    - b) Tableau de distribution
    - c) Alimentation Sans Interruption

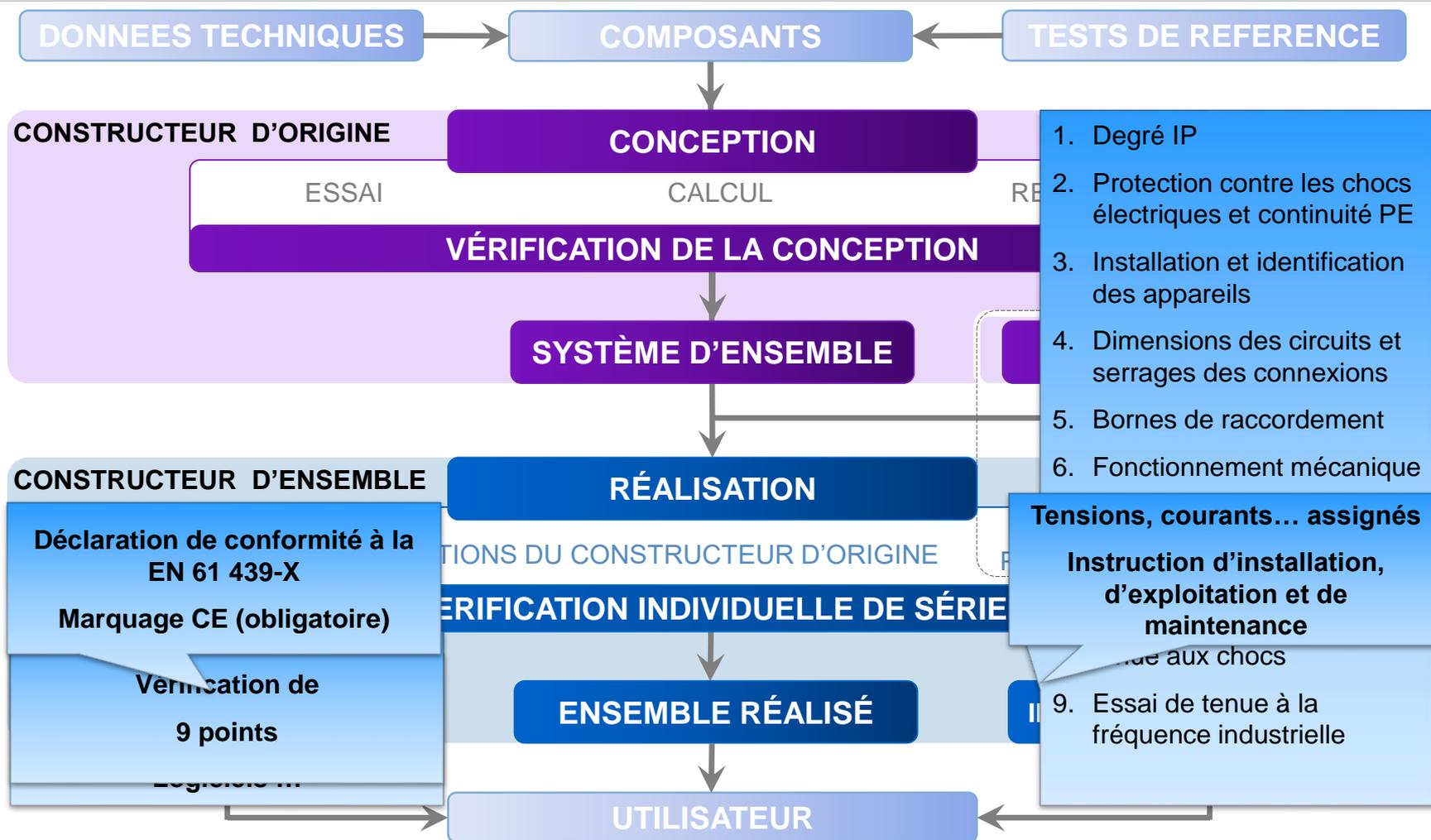
# Exemple d'architecture électrique en Italie



# Réalisation d'un ensemble BT suivant la norme EN 61 439



# Réalisation d'un ensemble BT suivant la norme EN 61 439



# Normes et réglementations

## Directive BT 2014/35/UE

Obligatoire

La directive européenne relative au matériel électrique basse tension demande aux fabricants de démontrer la conformité de leur produits.

« le matériel électrique ne doit pas mettre en danger les personnes et les biens »

## EN 61439

Pratique

L'application de la norme EN 61439 constitue une présomption de conformité à la directive.

## Marquage CE

Obligatoire

Le fabricant doit apposer le marquage CE et conserver un dossier technique du produit pendant 10 ans.



# Bénéfices pour le client final

- Garantie de vérification systématique des performances :
  - Limite d'échauffement

Bénéfices

Bénéfices

Bénéfices

Bénéfices

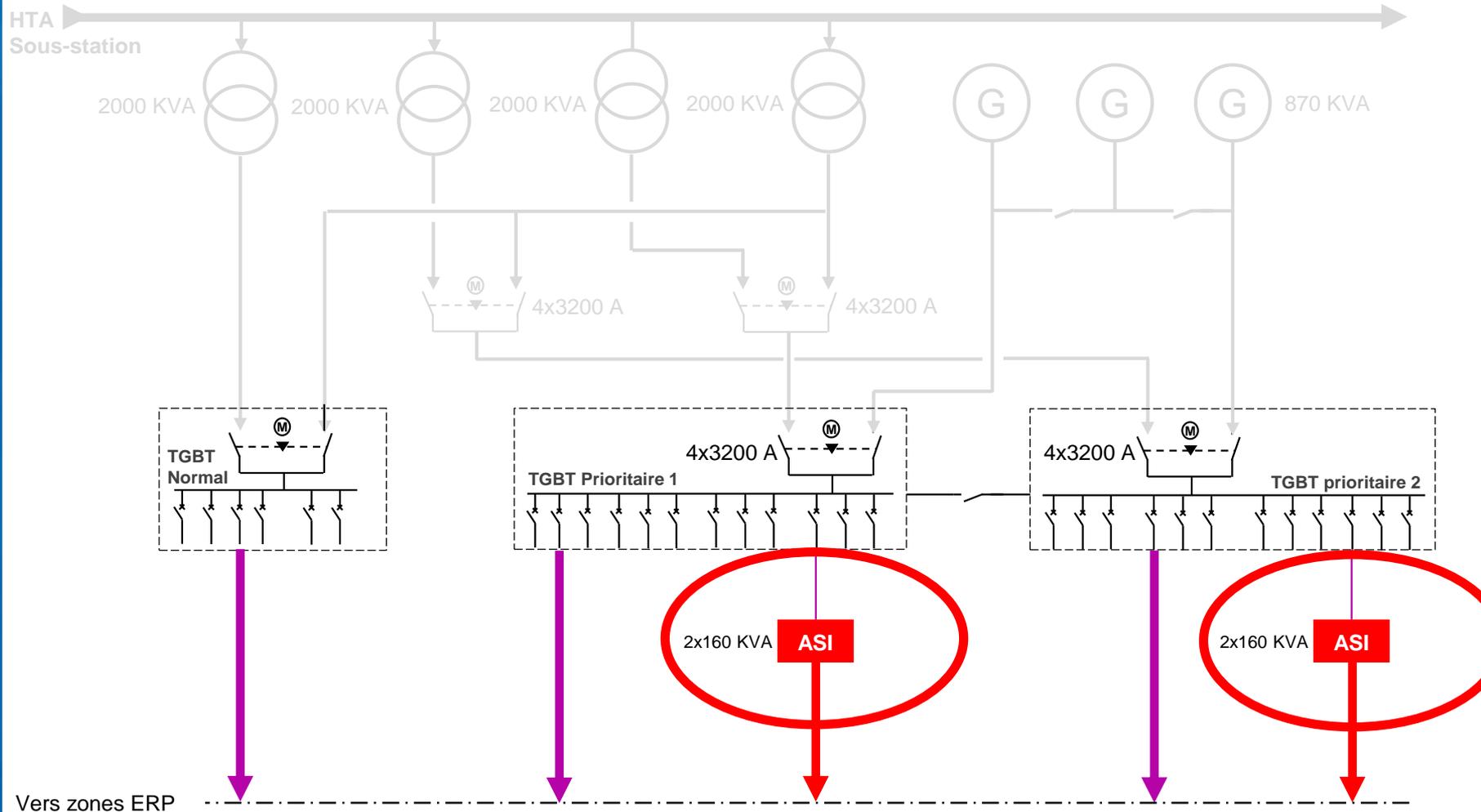
- Disposer d'un ENSEMBLE capable de résister effectivement à une contrainte de court-circuit



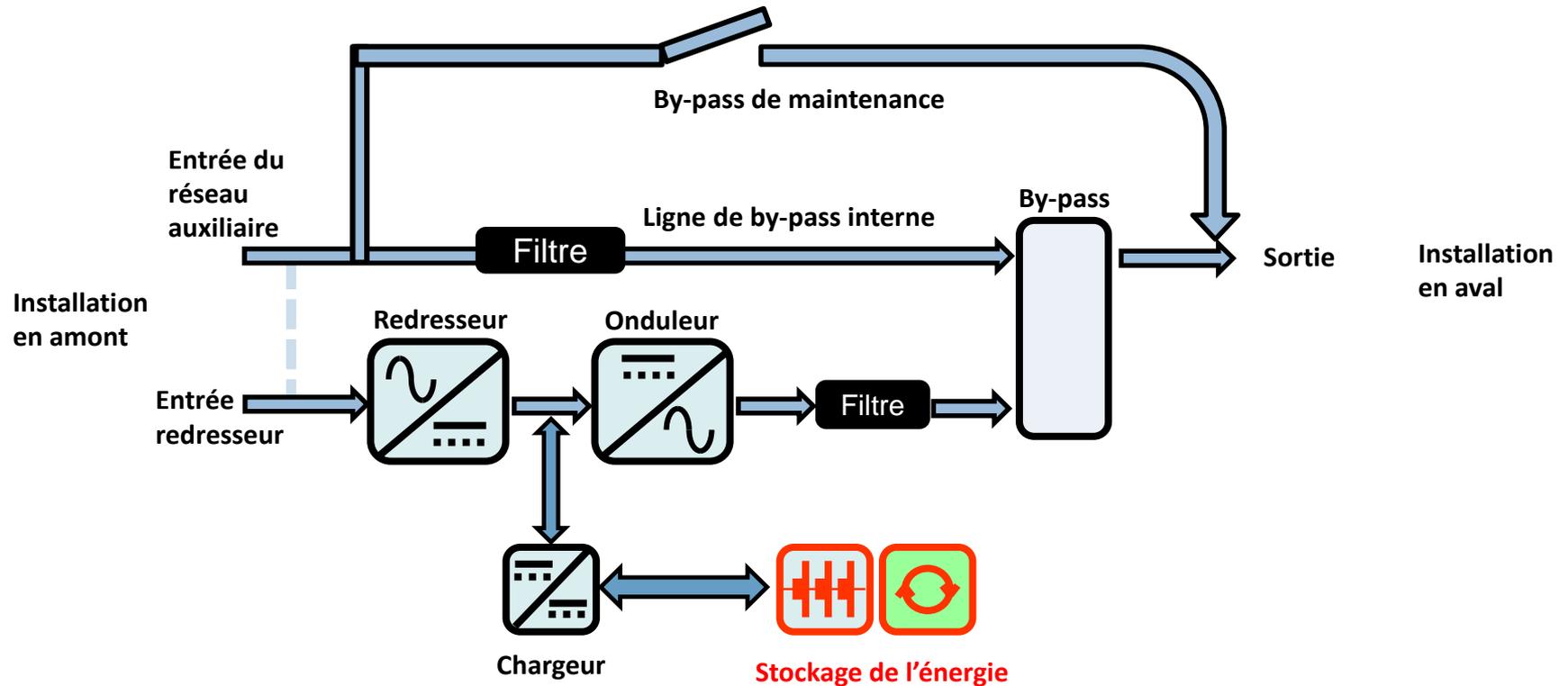
# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
    - a) Système de commutation
    - b) Tableau de distribution
    - c) Alimentation Sans Interruption

# Exemple d'architecture électrique en Italie



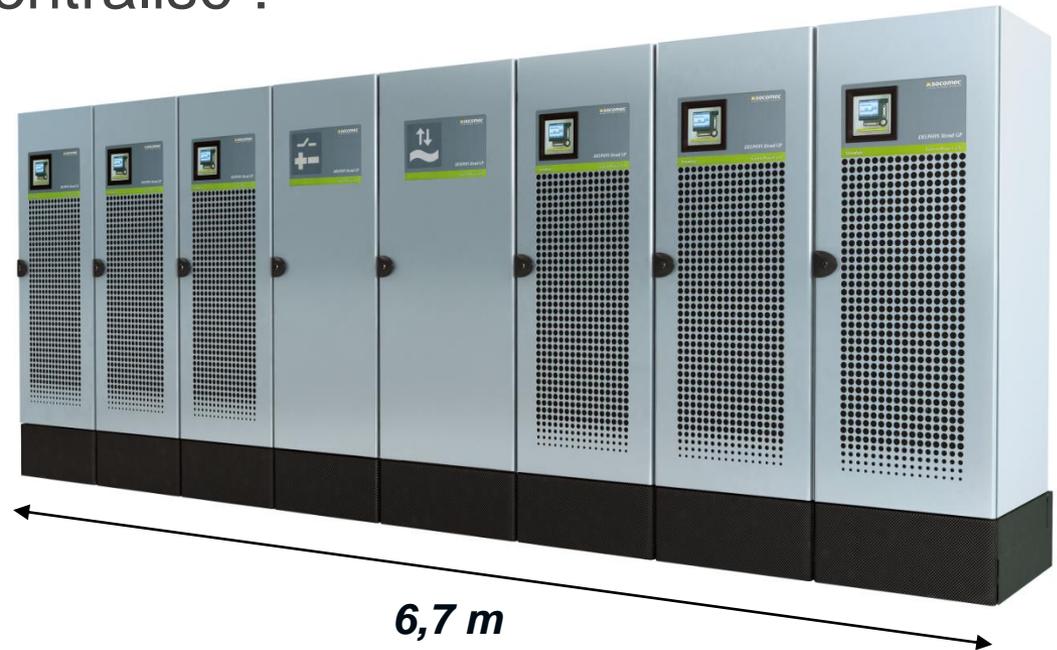
# Les alimentations sans interruption



# Choix de l'architecture

## ■ ASI centralisé / décentralisé :

- Encombrement
- Coût
- Rendement
- Disponibilité vue de la charge
- Sélectivité
- Flexibilité
- Maintenance
- Exploitation



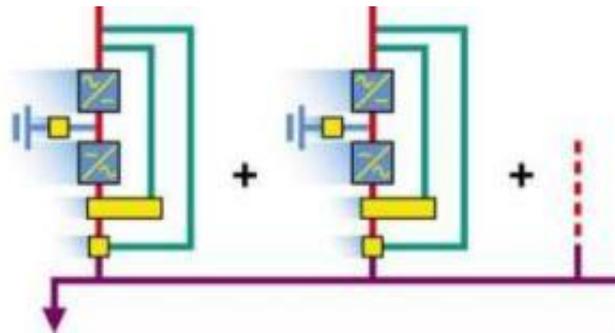
**DEPHYS Xtend GP : 400 à 1200 KVA**



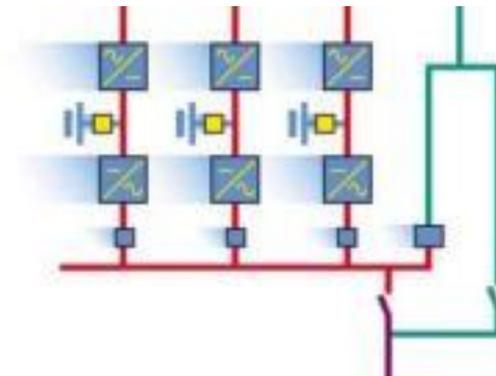
**NETYS RT : 1,1 à 11 KVA**

# Topologies adaptées aux différents besoins

- By-pass centralisé / distribué :
  - Maintenabilité
  - Modularité de puissance et de redondance
  - Fiabilité



**BY-PASS STATIQUE  
DISTRIBUE**



**BY-PASS STATIQUE  
CENTRALISE**

# Haute disponibilité

- Redondance :
  - Pas de point unique de panne
  - Tolérance aux pannes



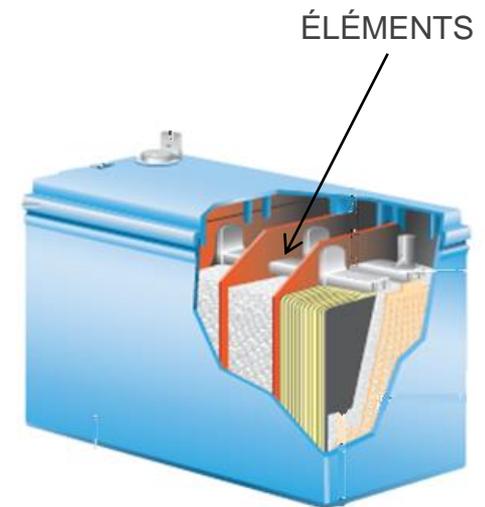
**MODULYS GP : 25 à 600 KVA**



**DEPHYS Xtend GP : 400 à 1200 KVA**

# Stockage de l'énergie

- La batterie est l'élément clé pour stocker l'énergie
- La batterie est un composant « vivant » (basé sur des réactions chimiques)
- La batterie est sensible à plusieurs facteurs environnementaux
- La technologie de batterie la plus fréquemment utilisée avec les ASI est la technologie « VRLA »



BLOC DE BATTERIES

# Stockage de l'énergie

- Par conception, les éléments critiques qui influent sur la durée de vie de la batterie sont :
  - Sous charge : une batterie entièrement chargée peut être stockée pendant une période maximale de 6 mois.
  - Cycle
  - Surcharge
  - Température
  - Maintenance

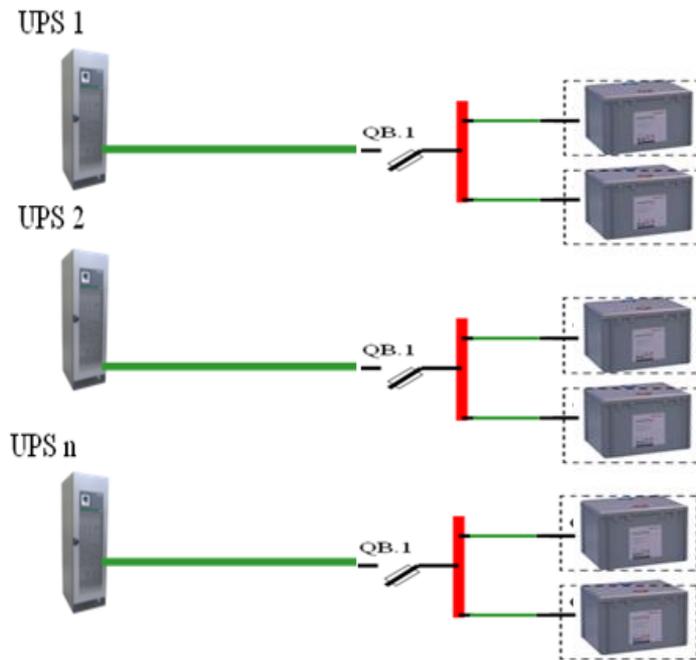
# Stockage de l'énergie

- C'est un composant « vivant » qui, donc, meurt par convention lorsqu'il atteint 80 % de sa capacité nominale
- Classement de la durée de vie prévue selon EUROBAT :
  - 3 à 5 ans : standard commercial
  - 6 à 9 ans : usage général
  - 10 à 12 ans : haute performance
  - > 12 ans : durée de vie longue

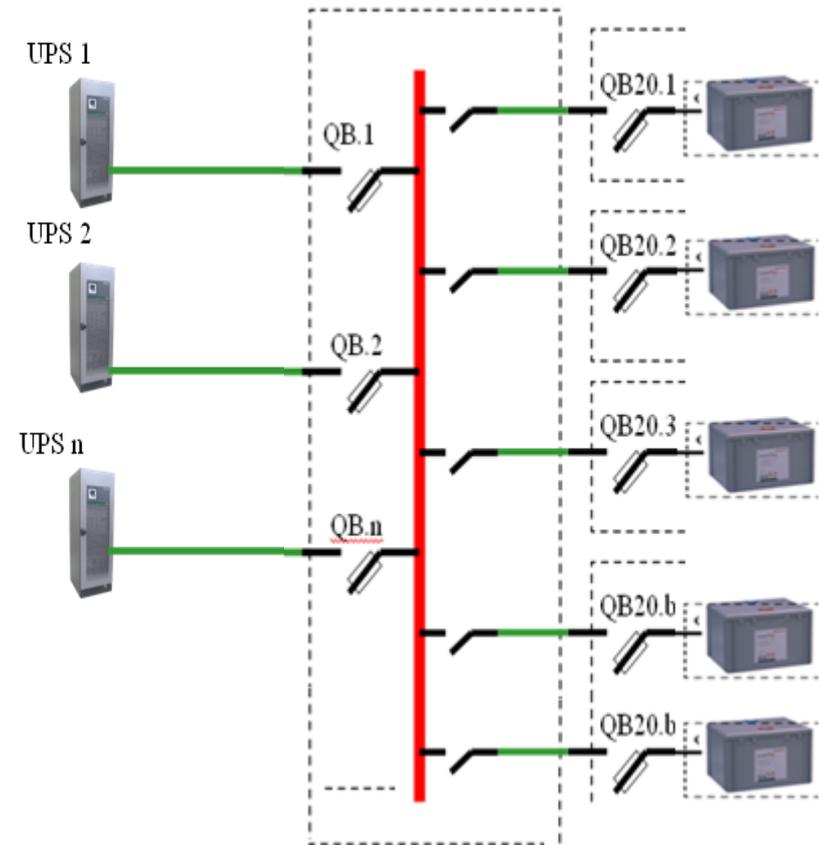


# Batteries partagées

## Batteries distribuées



## Batteries partagées



# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
  3. **Monitoring**
  4. Alimentation des locaux à usage médical
  5. Maintenance

# Pourquoi surveiller l'installation électrique ?

- La mauvaise qualité de l'énergie fournie à une charge peut avoir les conséquences suivantes :
  - Perte d'exploitation
  - Dégradation voire destruction du matériel
  - Réduction du rendement énergétique de l'installation
  - Surcharge et vieillissement prématuré de l'installation
  - Risque humain majeur dans les établissements de santé



# Pourquoi surveiller l'installation électrique ?

- Monitorer : c'est anticiper
  - On ne peut pas contrôler ce que l'on ne surveille pas.
- Il est donc primordial de contrôler la qualité de l'énergie en continu



# Pourquoi surveiller en continu ?

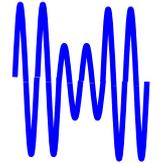
- Dès lors que l'énergie est distribuée, elle se trouve exposée à une pollution :
  - Pollution due au transport de l'énergie
  - Pollution générée par les charges électriques
- Cette pollution est toujours présente et fluctuante dans le temps.

# Perturbations électriques habituelles

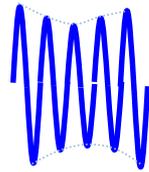
Pics de tension



Creux de tension



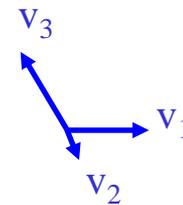
Flickers



Harmoniques



Déséquilibres en courant et en tension

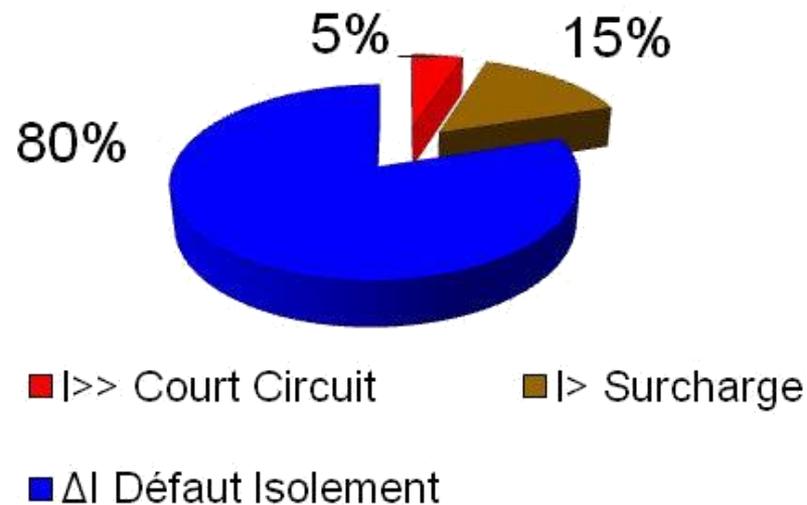


# Autres perturbations : Le courant de défaut

- Le courant de défaut à la terre est un phénomène naturel dans toute installation électrique qui dépend :
  - Des différents récepteurs
  - Des câbles électriques de liaison
- Ce courant de défaut normalement très faible augmente lentement mais progressivement dans le temps en fonction :
  - Du vieillissement des récepteurs
  - De la dégradation de l'isolant des câbles
  - De la dégradation de la liaison à la terre

# Pourquoi monitorer les courants de défauts?

- Les défauts en basse tension :



# Conformité aux normes

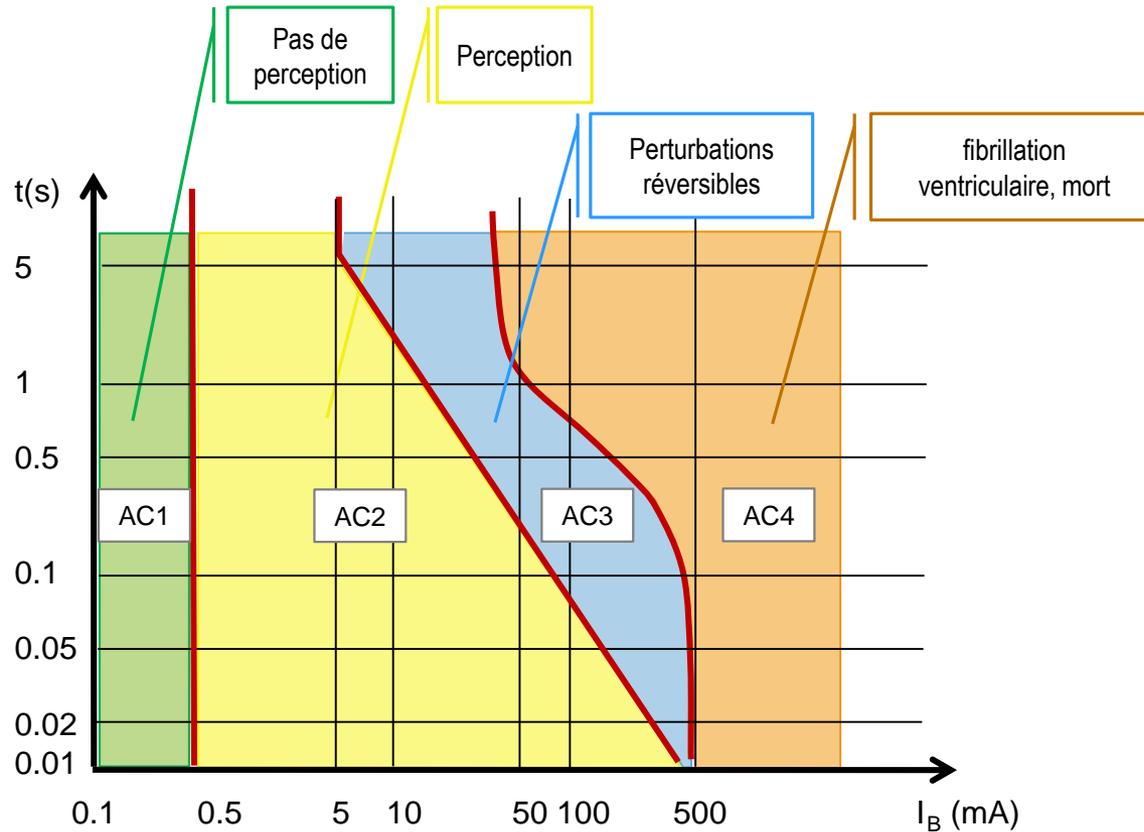
- Appellation au niveau international du monitoring du courant de défaut :
  - Residual Current Monitoring (RCM)
- RCM défini dans la norme IEC 62020 : 2003-09
- Implémentation du RCM conformément à la série de normes IEC 60364.

HD 60364-7-710 : Il est recommandé que le système TN-S soit pourvu d'un système de contrôle afin d'assurer le niveau d'isolement de tous les conducteurs actifs. \*

# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
  3. Monitoring
  4. Alimentation des locaux à usage médical
  5. Maintenance

# Zones conventionnelles temps/courant et leurs effets selon la norme CEI 60479-1

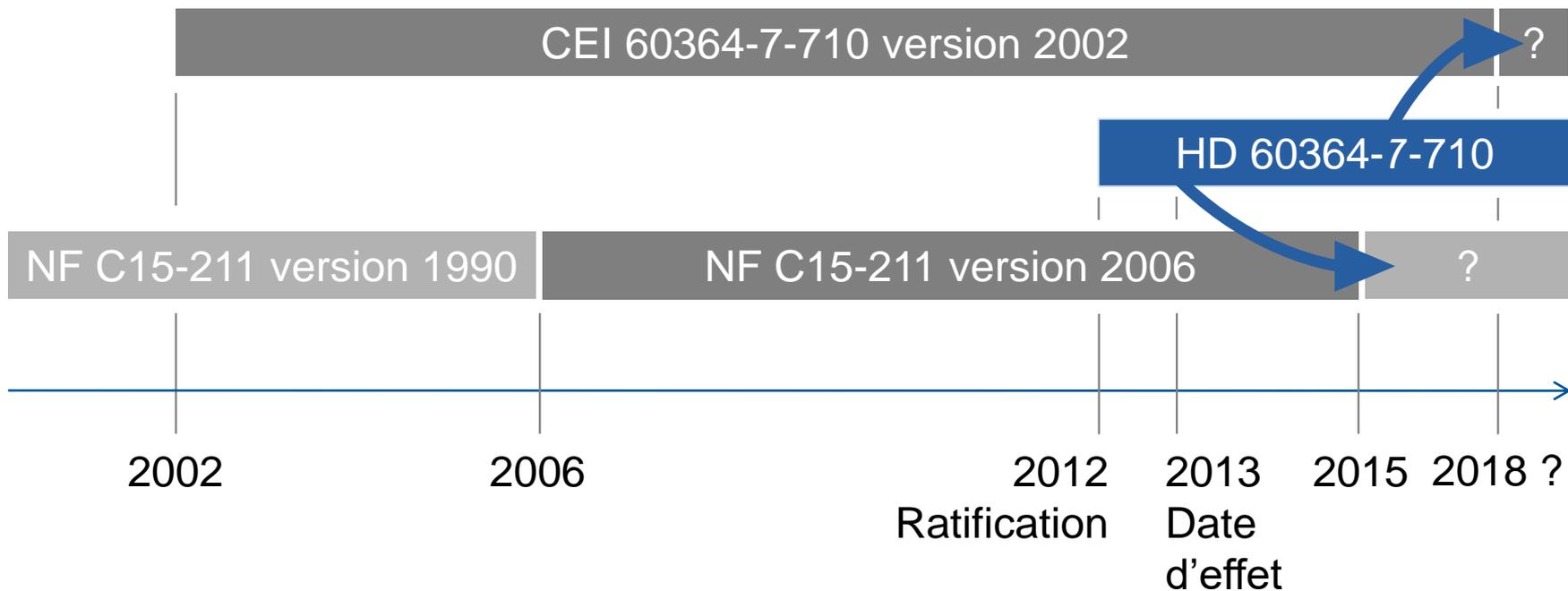


$I_B$  : courant traversant le corps du patient



# HD 60364-7-710 : mise en application

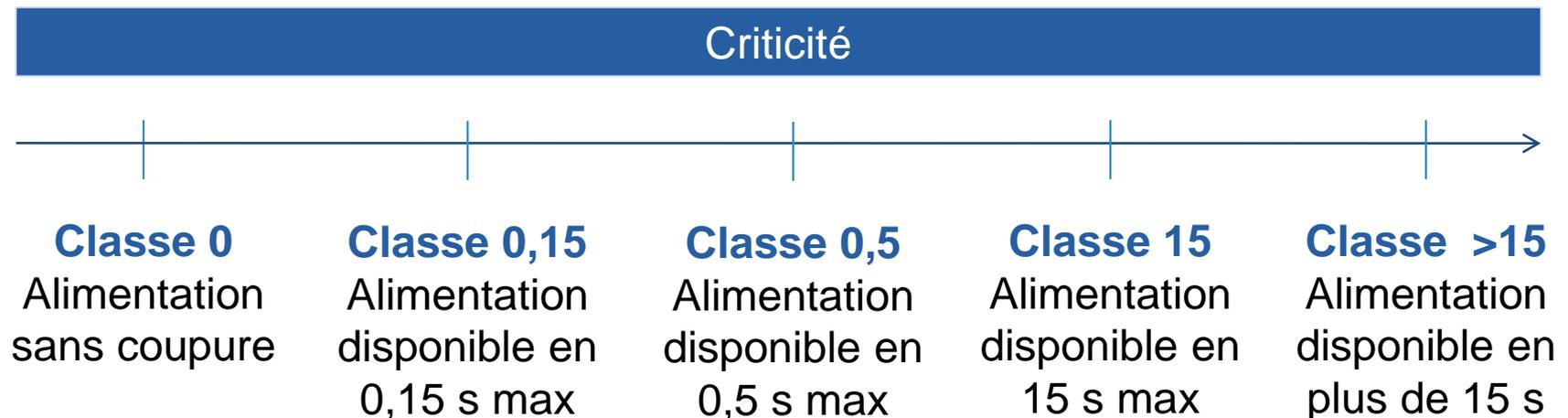
Domaine d'application : installations électriques et protection contre les chocs électriques dans les locaux à usage médical



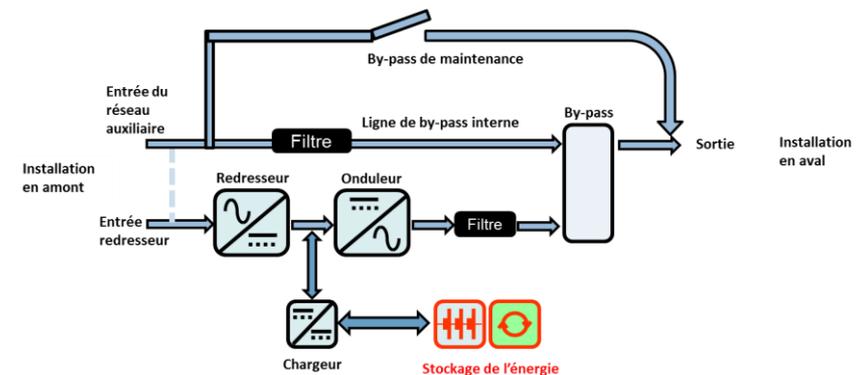
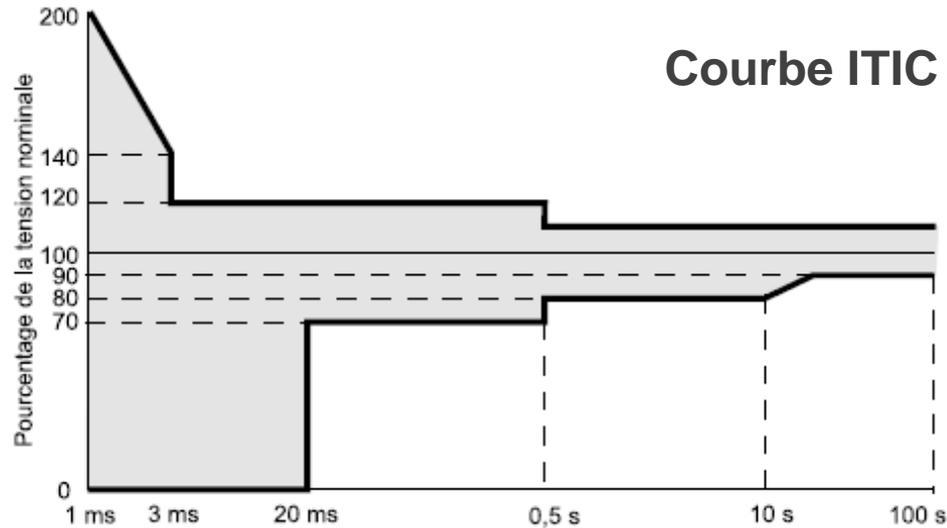
# Classification selon HD 60364-7-710 : les classes

- Pourquoi définir des classes ?

Pour définir les besoins en terme de **continuité de service** de l'alimentation électrique, en fonction de la nature des soins.

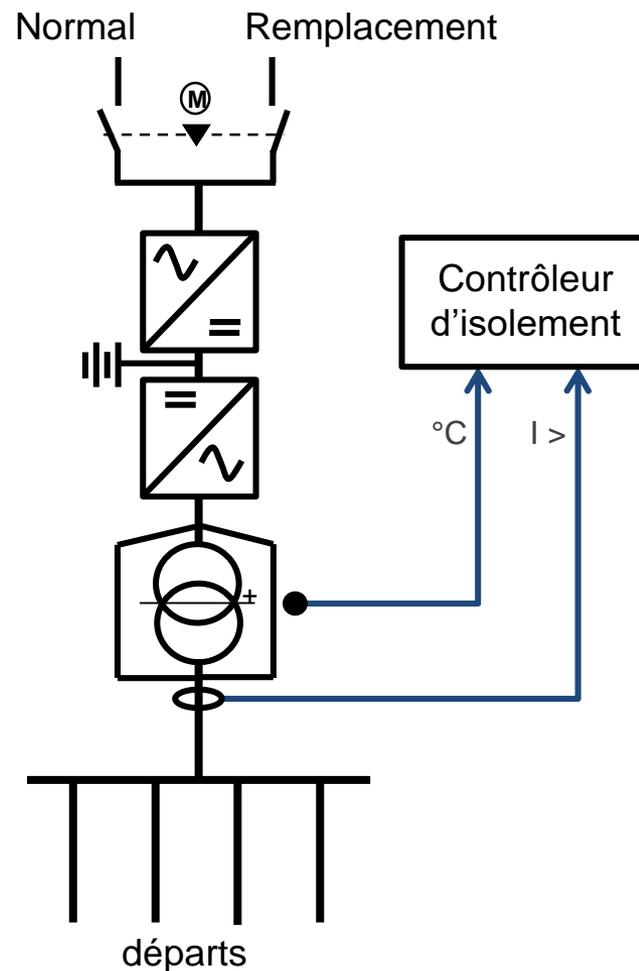


# Particularité de la classe 0 (zéro coupure)



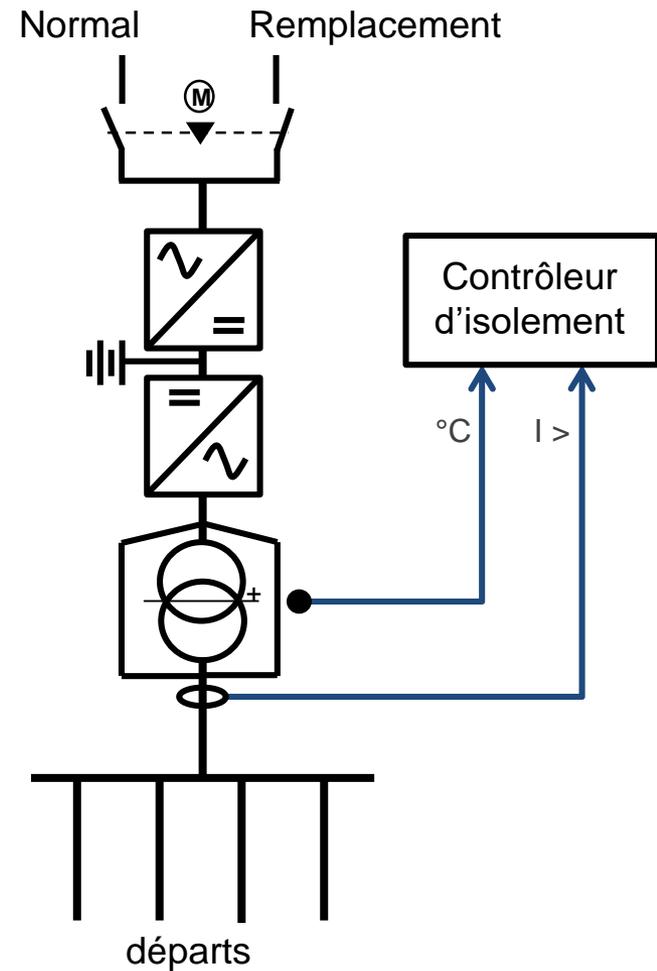
# Solution de continuité de service

- 2 sources  
(HD 60364-7-710)
- Absence de coupure
- Système IT médical
- Surveillance surcharge transfo IT médical
- Protection différentielle interdite



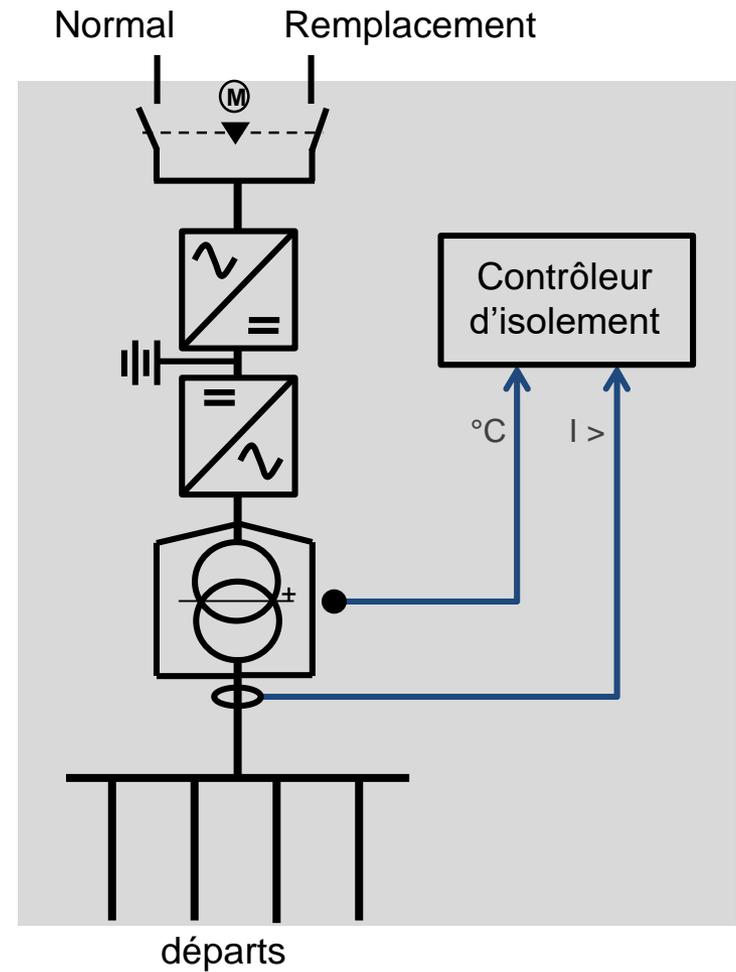
# Notion d'ilotage

- $\geq 1$  transfo par salle d'opération
- Puissance transfo limitée à 10 KVA



# Notion de proximité

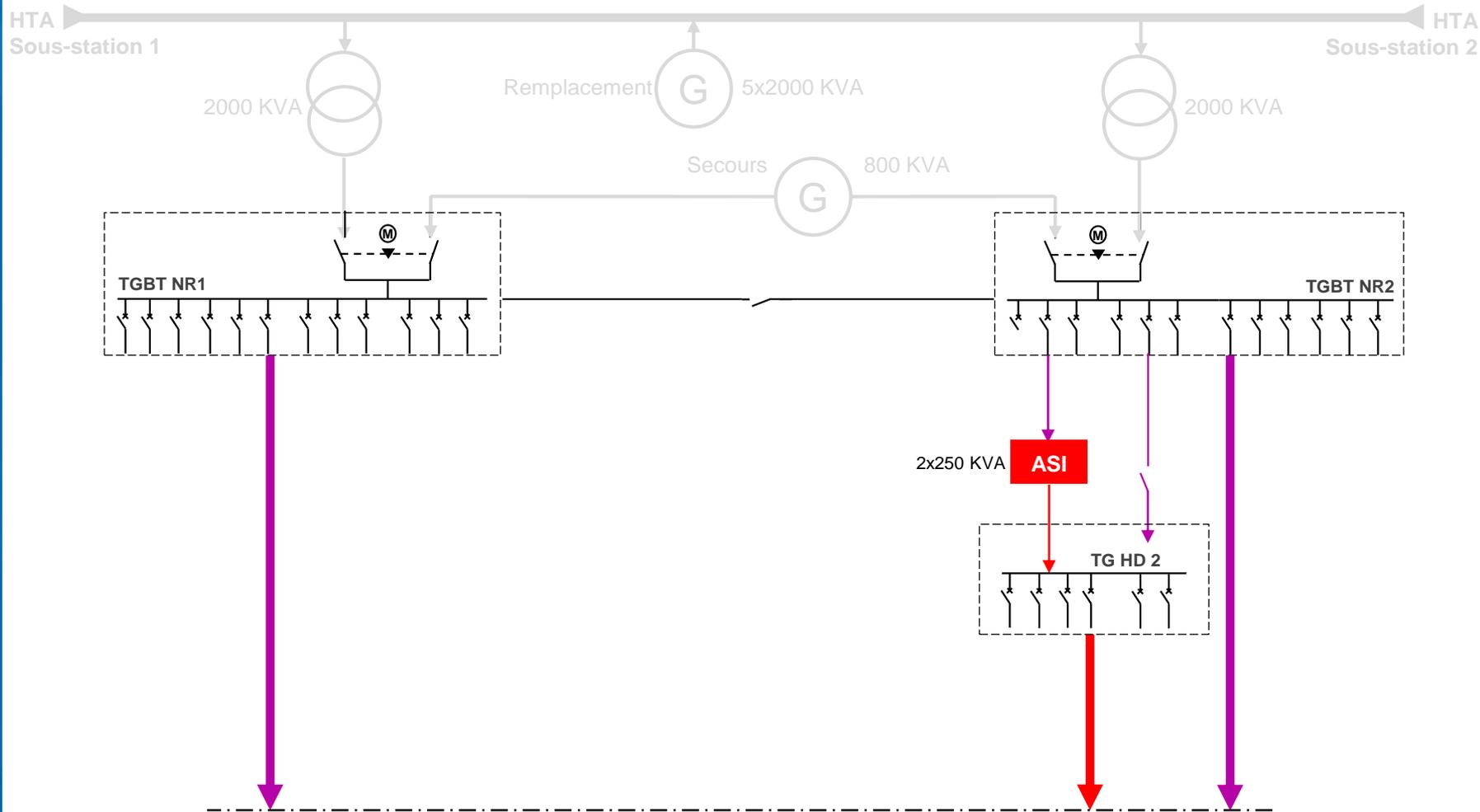
- Armoire IT médical au plus près de la charge (HD 60364-7-710)



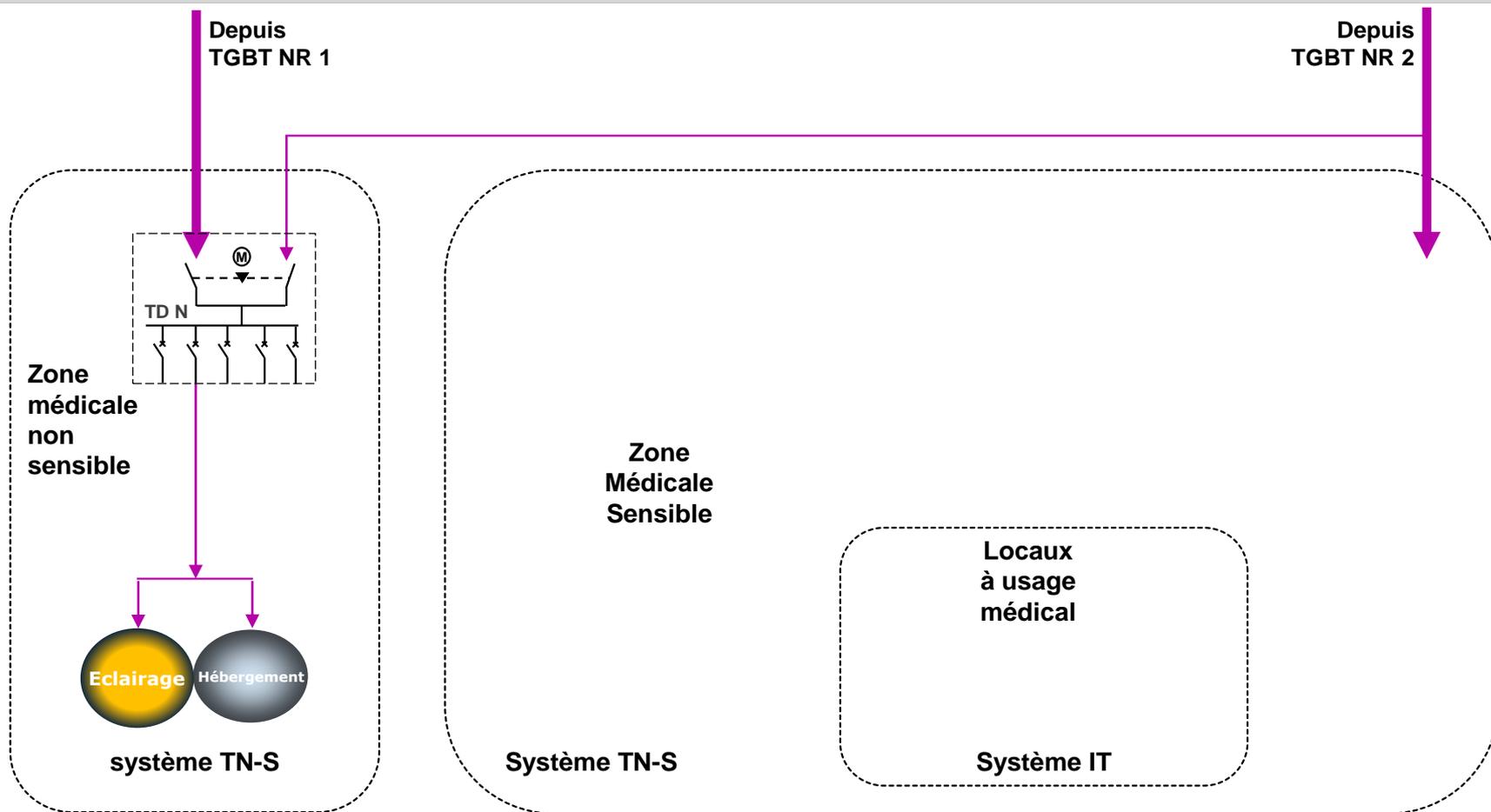
# Autres singularités

Spécifications	NF C15-211	HD 60364-7-710
Distance entre le transfo IT médical et le matériel d'utilisation	Transfo au plus prêt de l'emplacement médical *	≤ 25 ML entre le transfo et le matériel d'utilisation (recommandation).
Localisation de défauts d'isolement relevant du régime IT	Sans objet *	Localisation de défauts d'isolement dans chaque partie du schéma IT médical (recommandation)

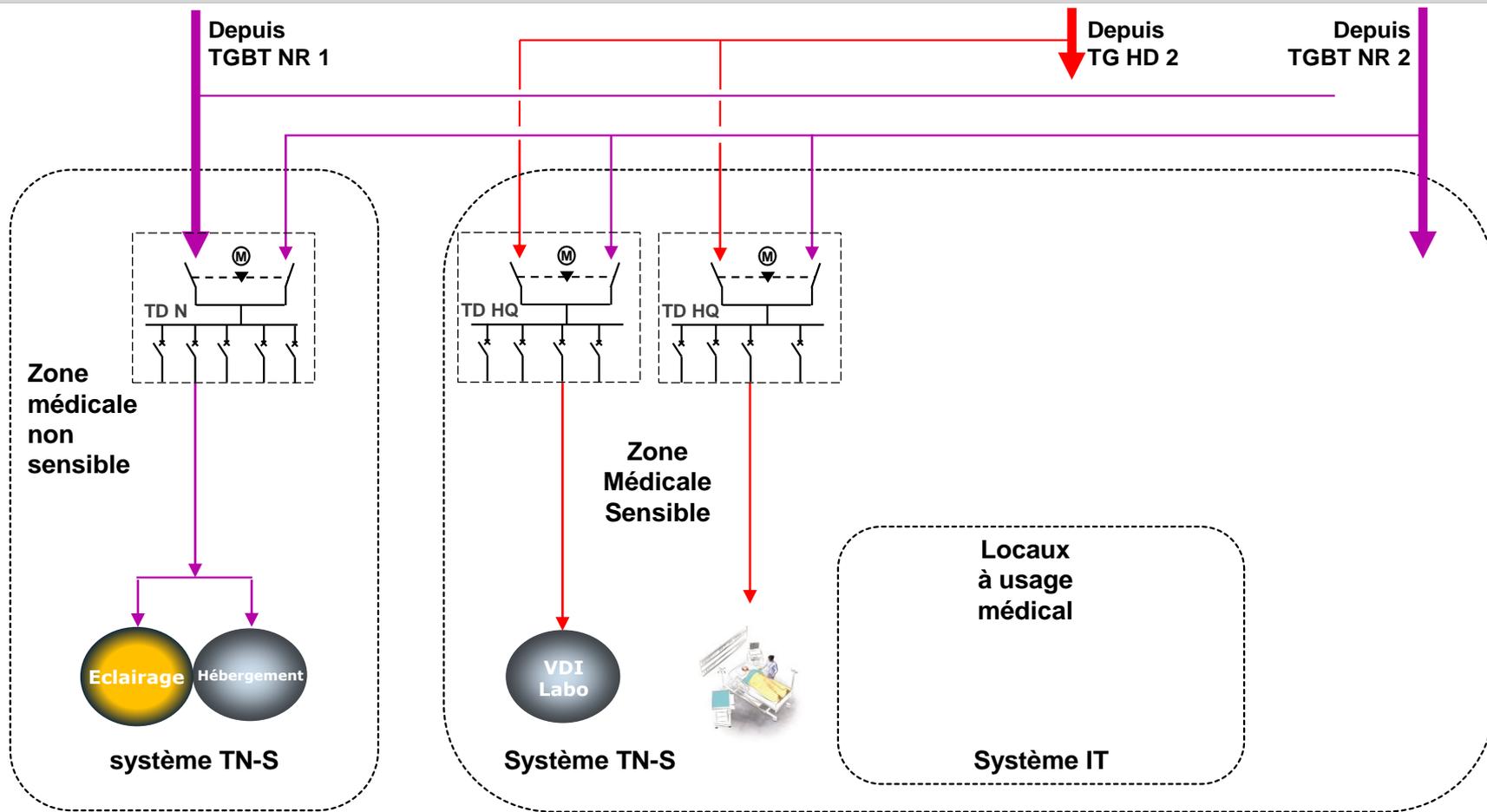
# Exemple d'architecture électrique en France



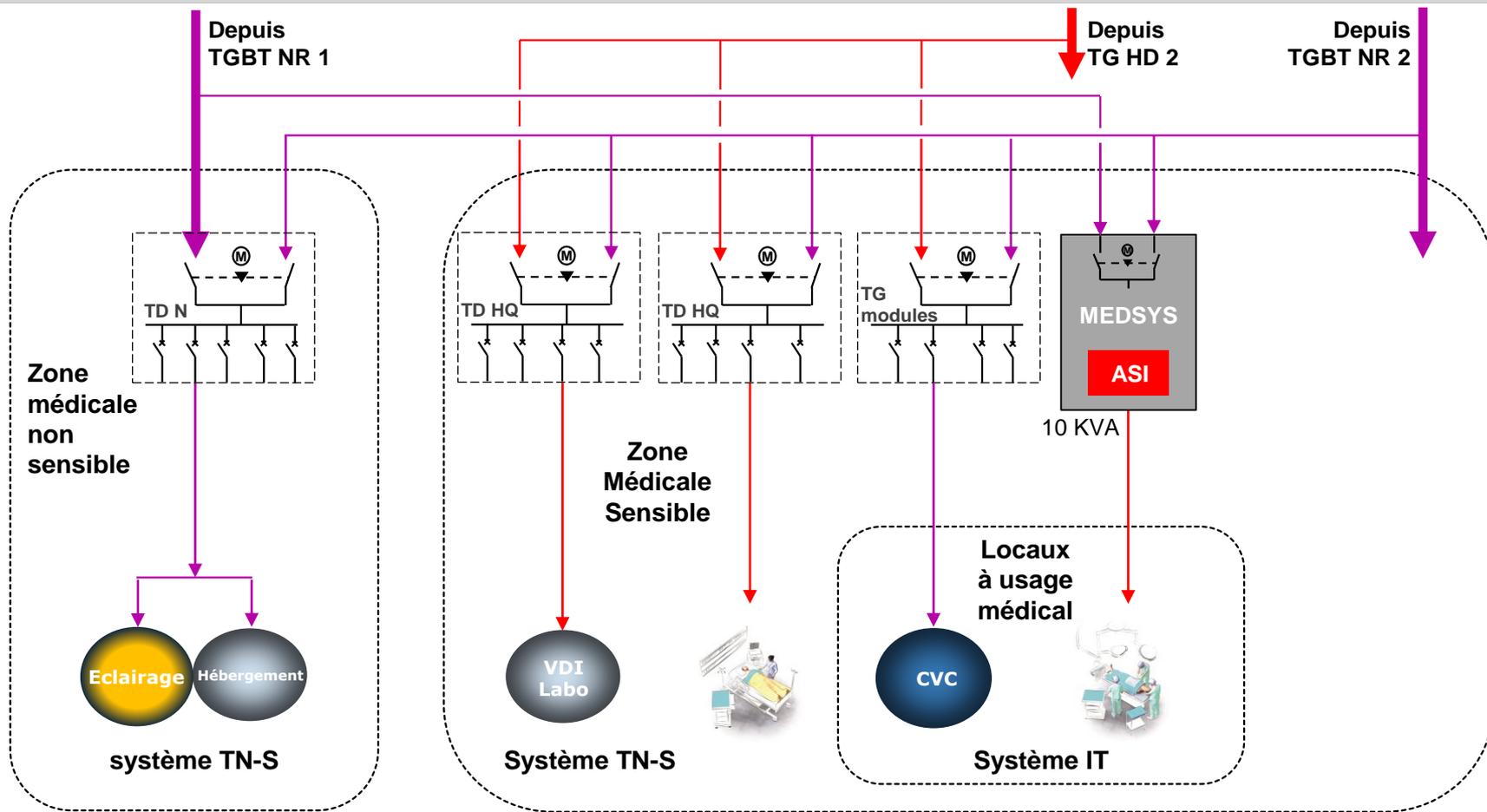
# Exemple d'architecture électrique en France



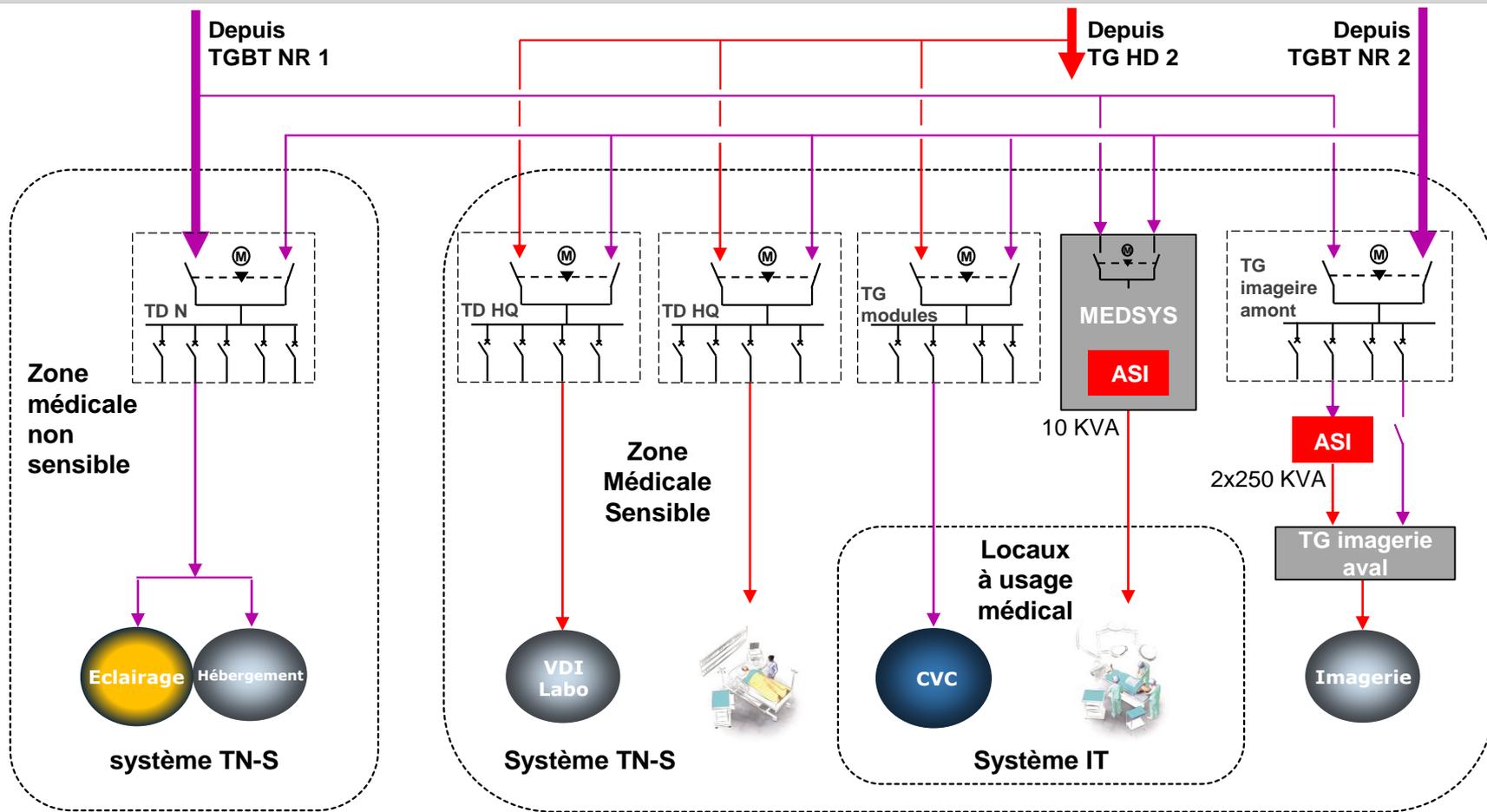
# Exemple d'architecture électrique en France



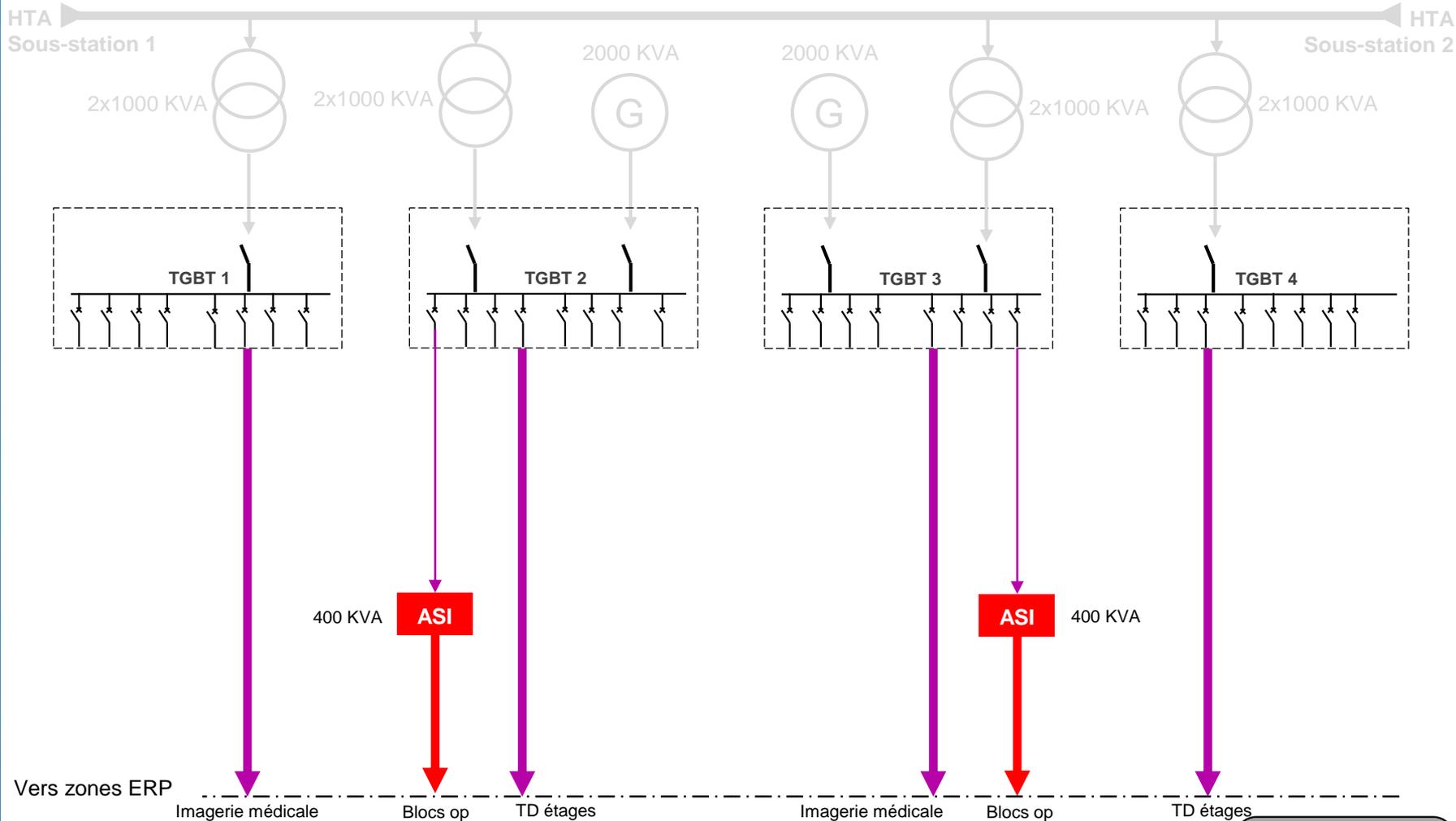
# Exemple d'architecture électrique en France



# Exemple d'architecture électrique en France



# Exemple d'architecture électrique en Belgique

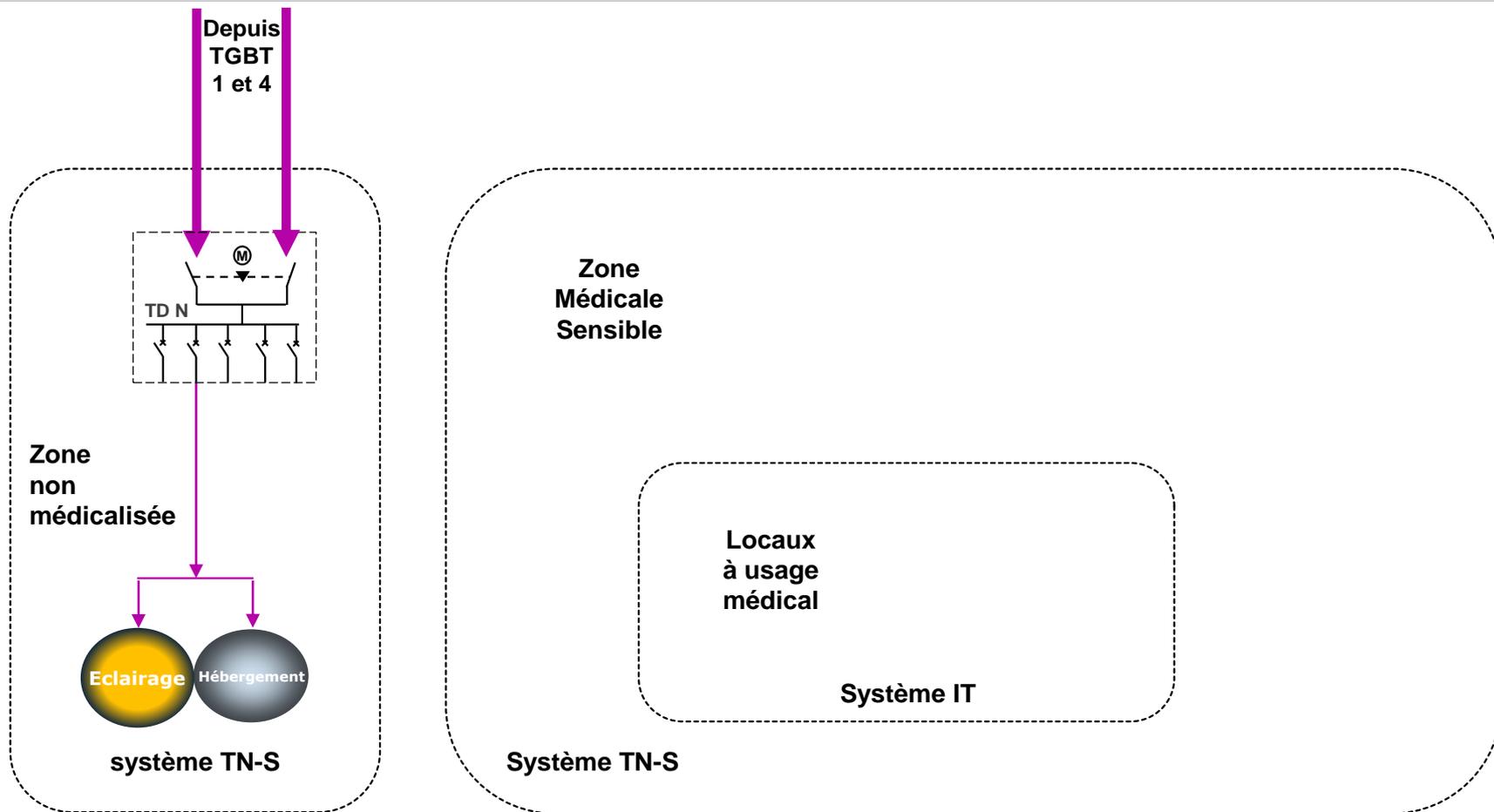


Légende :

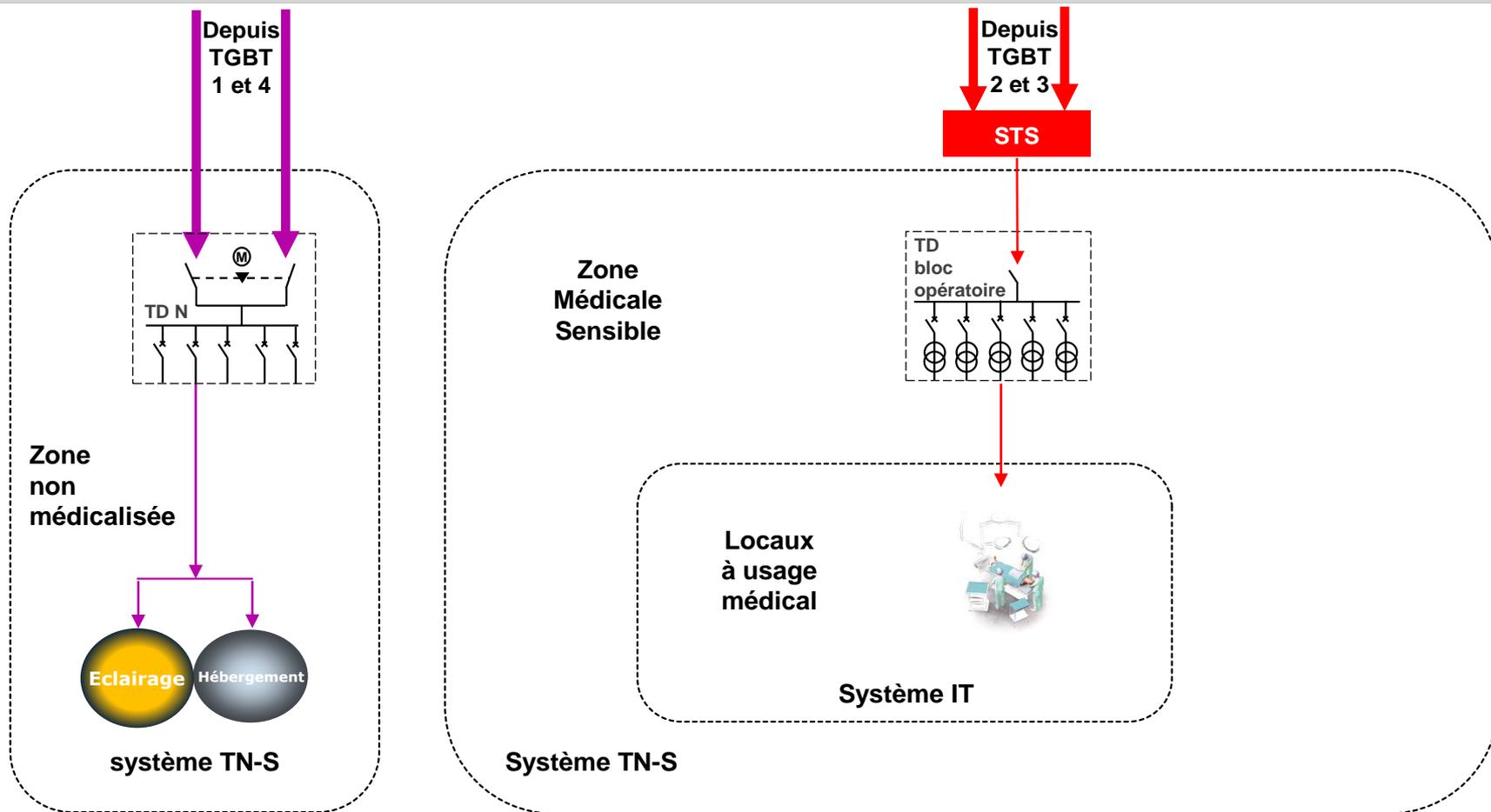
- Alimentation normale
- Alimentation N / R
- Alimentation HD



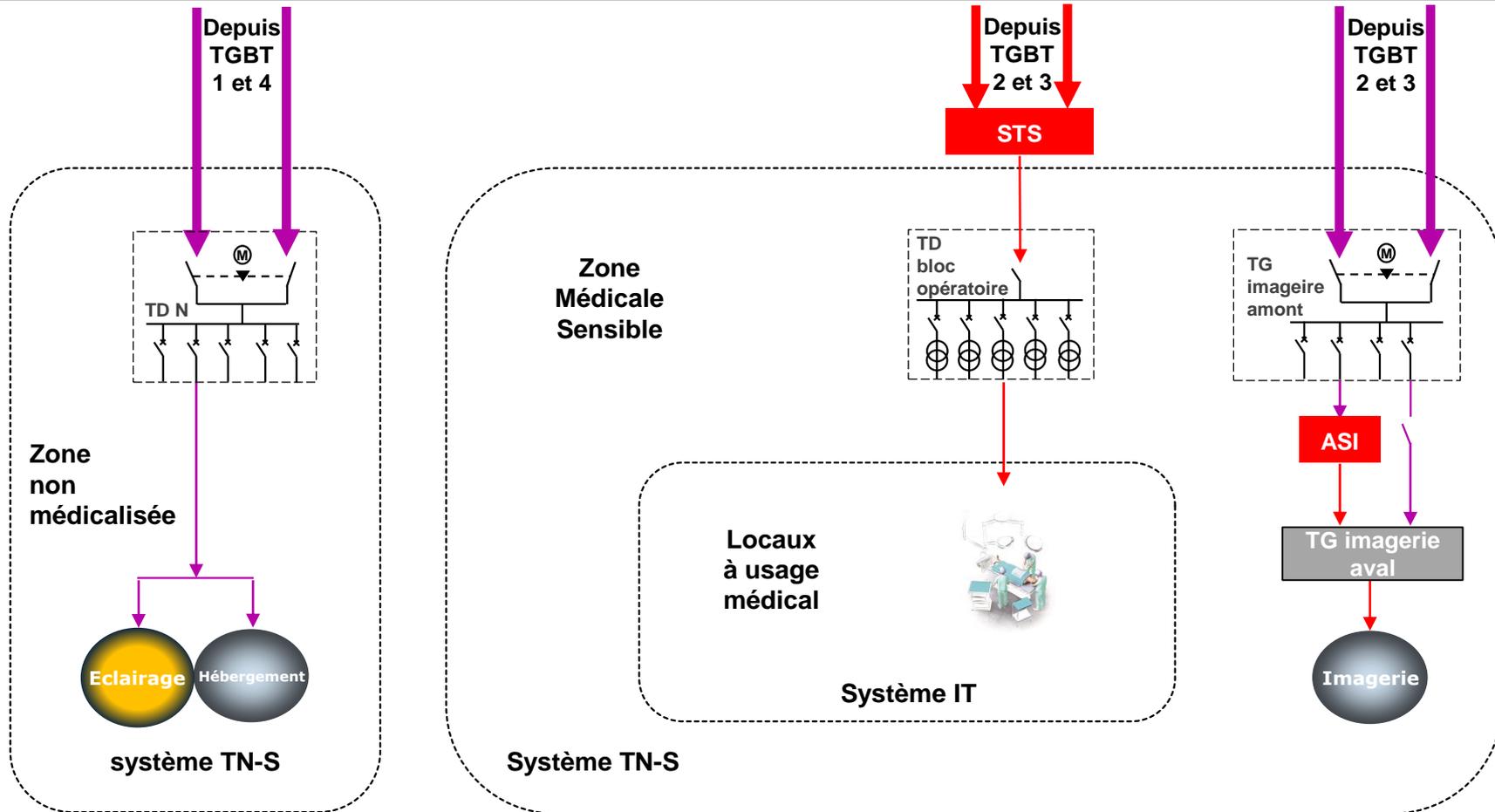
# Exemple d'architecture électrique en Belgique



# Exemple d'architecture électrique en Belgique



# Exemple d'architecture électrique en Belgique



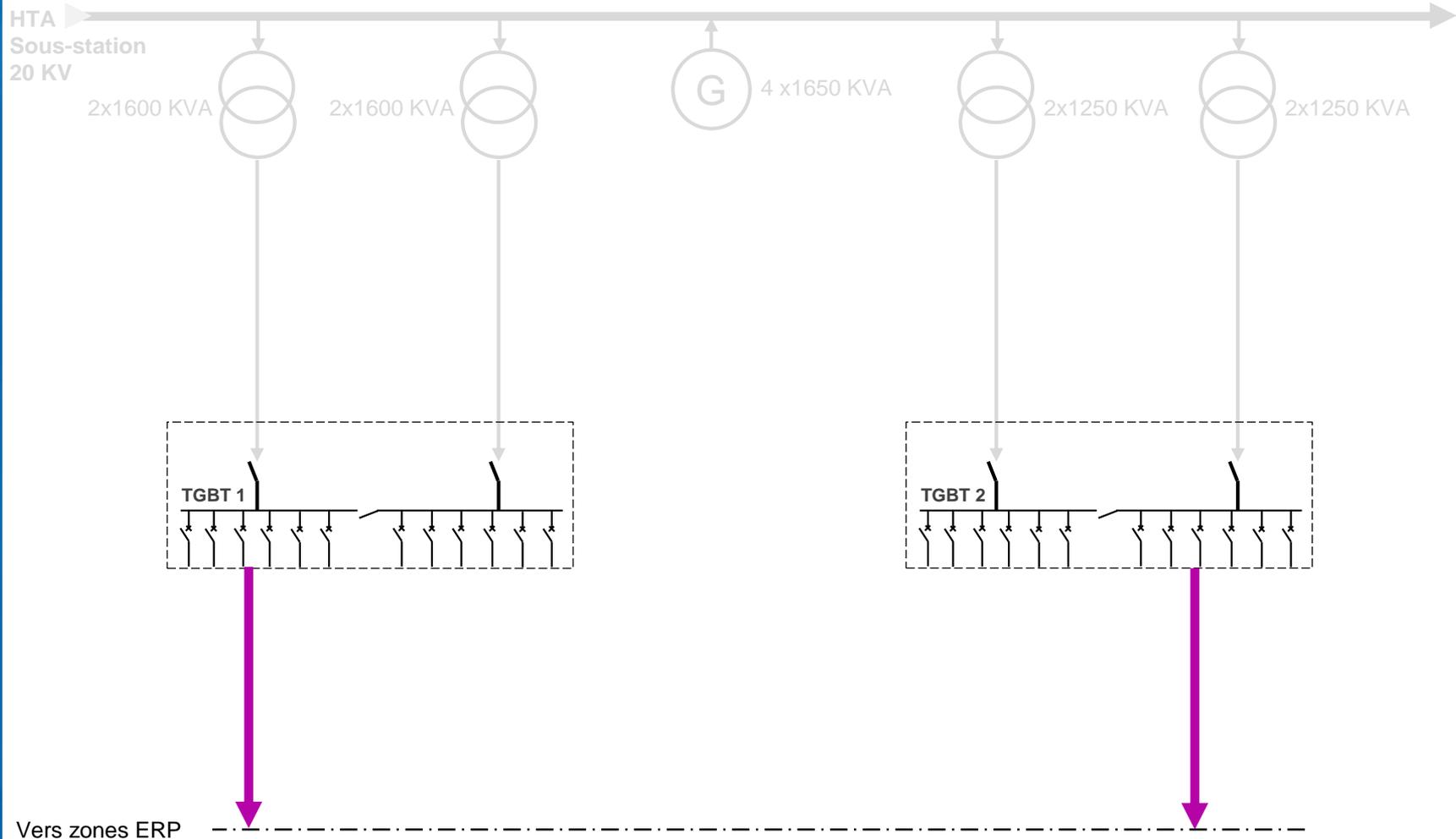
# Belgique : exemple d'armoire IT médical



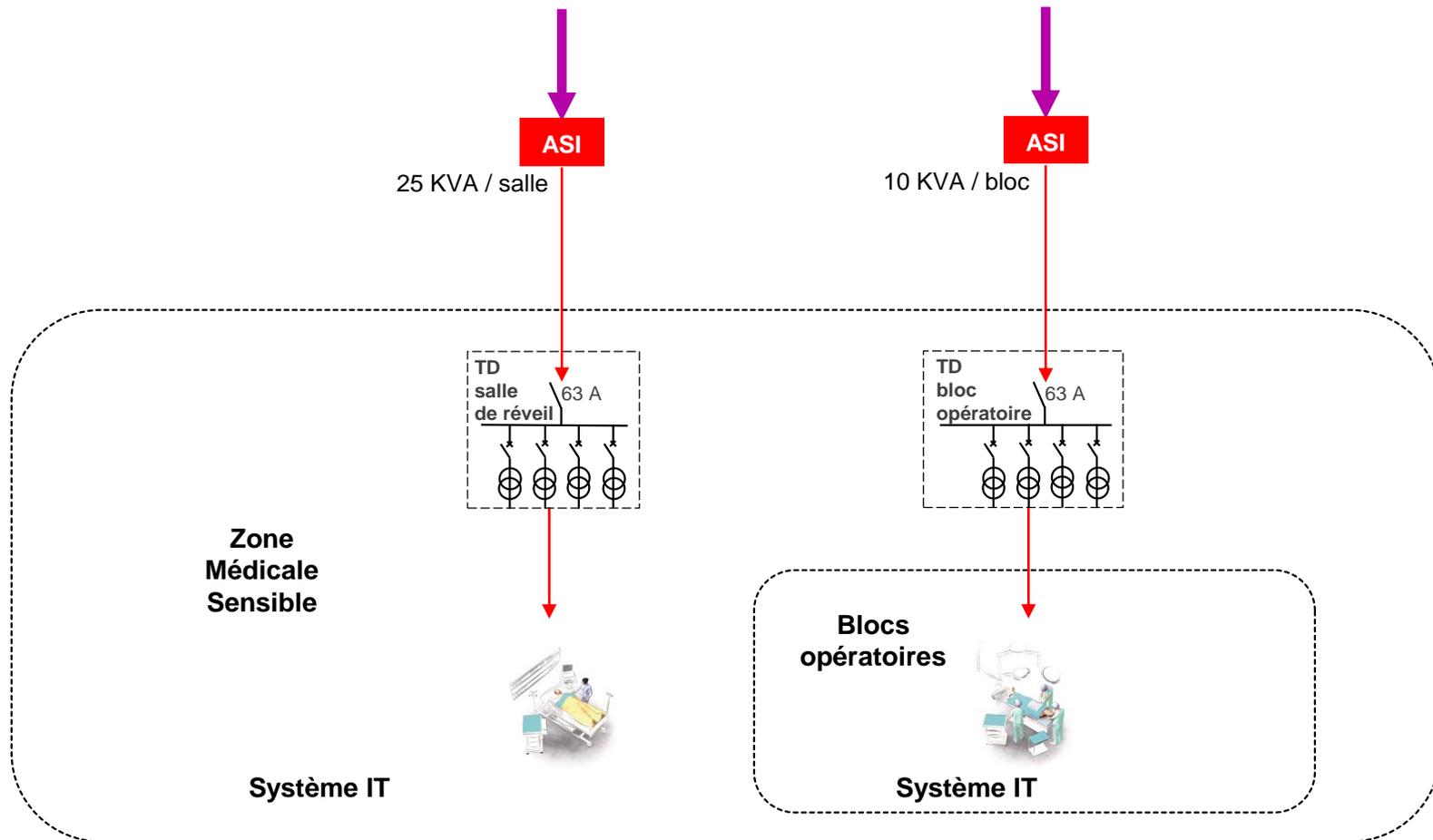
# Belgique : exemple d'armoire IT médical



# Exemple d'architecture électrique en Espagne

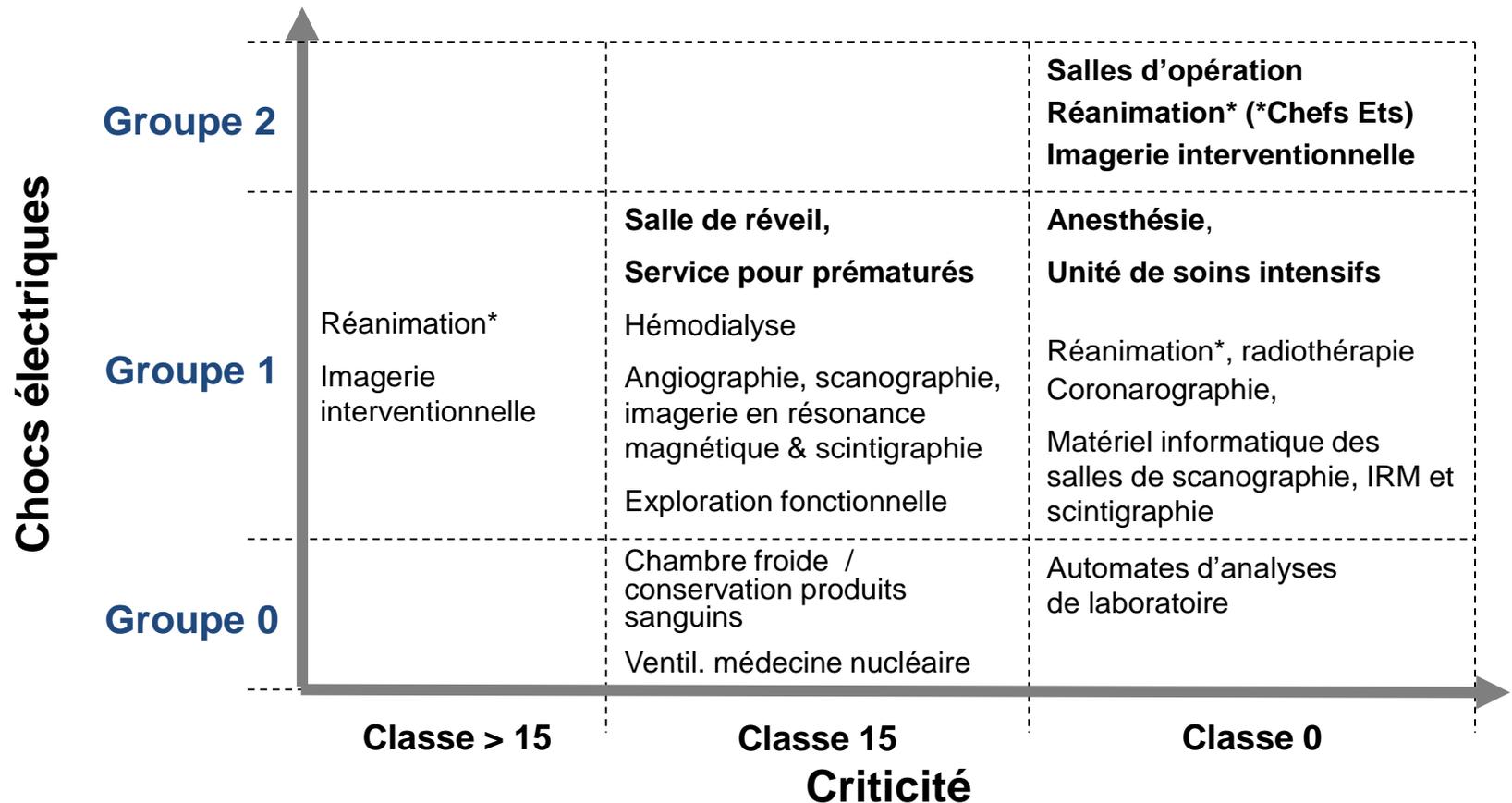


# Exemple d'architecture électrique en Espagne



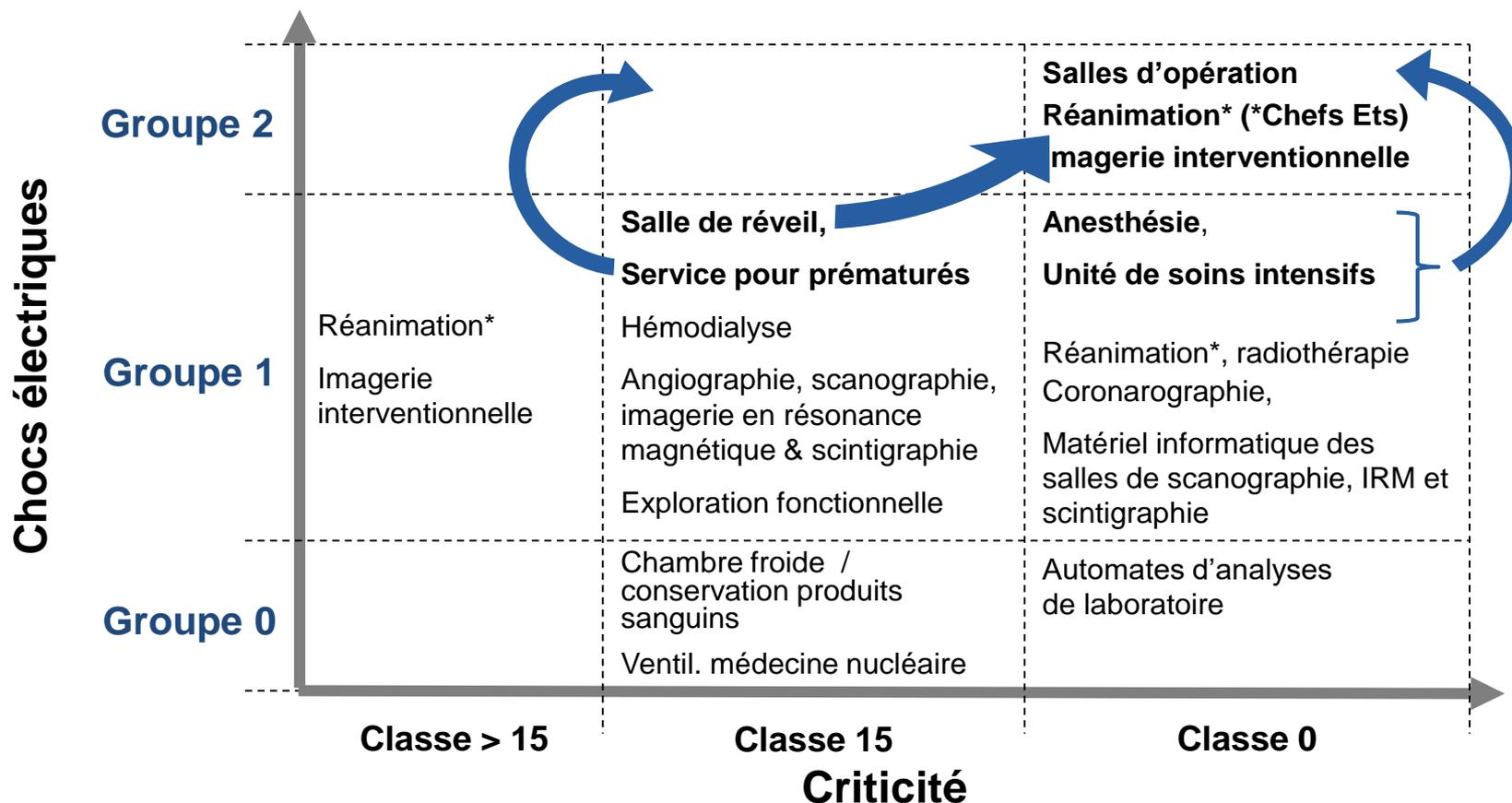
# Classement des locaux à usage médical

- Classement des locaux – norme NF C15-211 :



# Classement des locaux à usage médical

- Classement des locaux – norme HD 60364-7-710 :

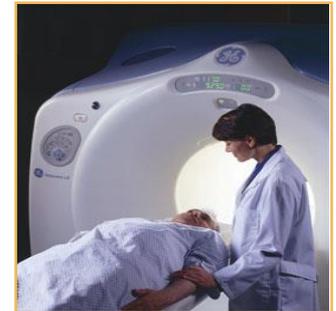


# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
  3. Monitoring
  4. Alimentation des locaux à usage médical
    - a) Imagerie médicale
  5. Maintenance

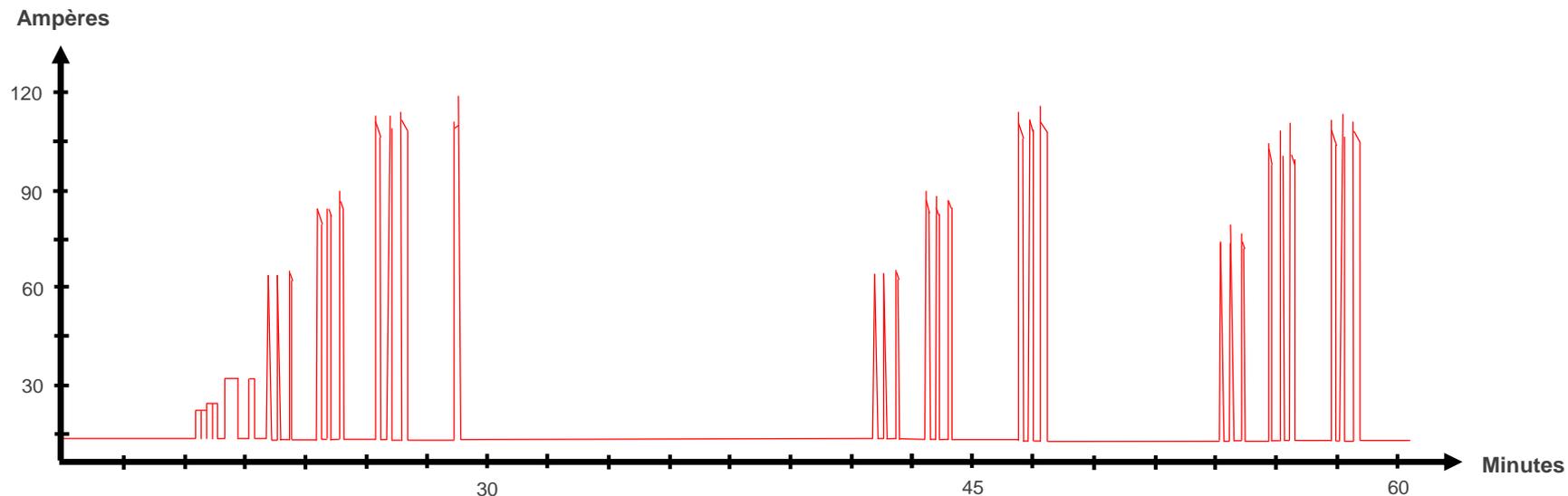
# L'imagerie médicale

- Activités à risque selon l'HAS :
  - Radiothérapie
  - Médecine nucléaire
  - Endoscopie
  - Secteur de naissance
  - Radiologie interventionnelle



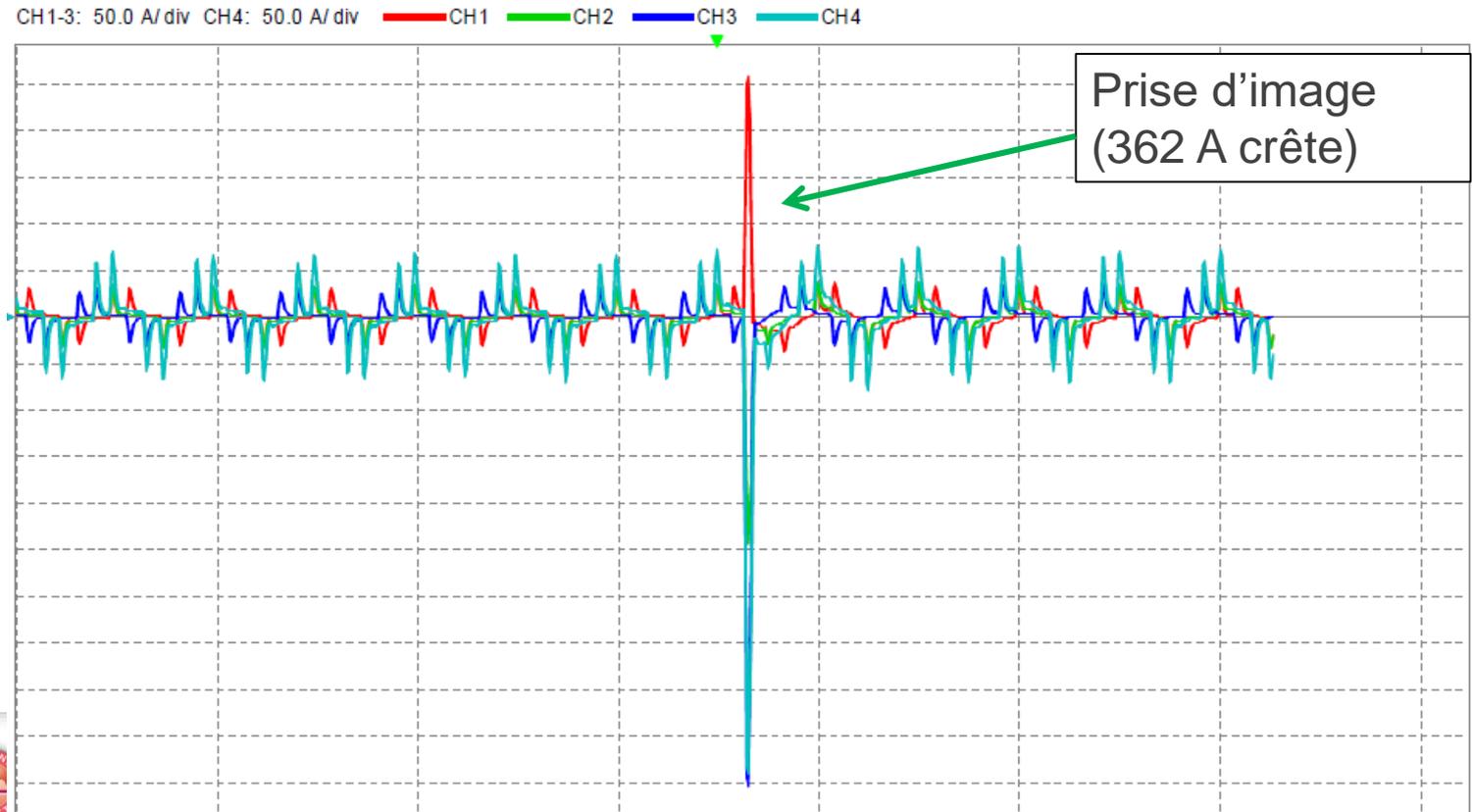
# Imagerie médicale : des charges atypiques

- Exemple de courant RMS consommé par un équipement électromédical type MRI, X-ray lors de la prise d'images :



# Prise d'image

- Exemple de courants d'appel générés par un équipement électromédical type MRI, X-ray :
  - Courant transitoire très élevé ( $di/dt$ ) lors de la prise d'image

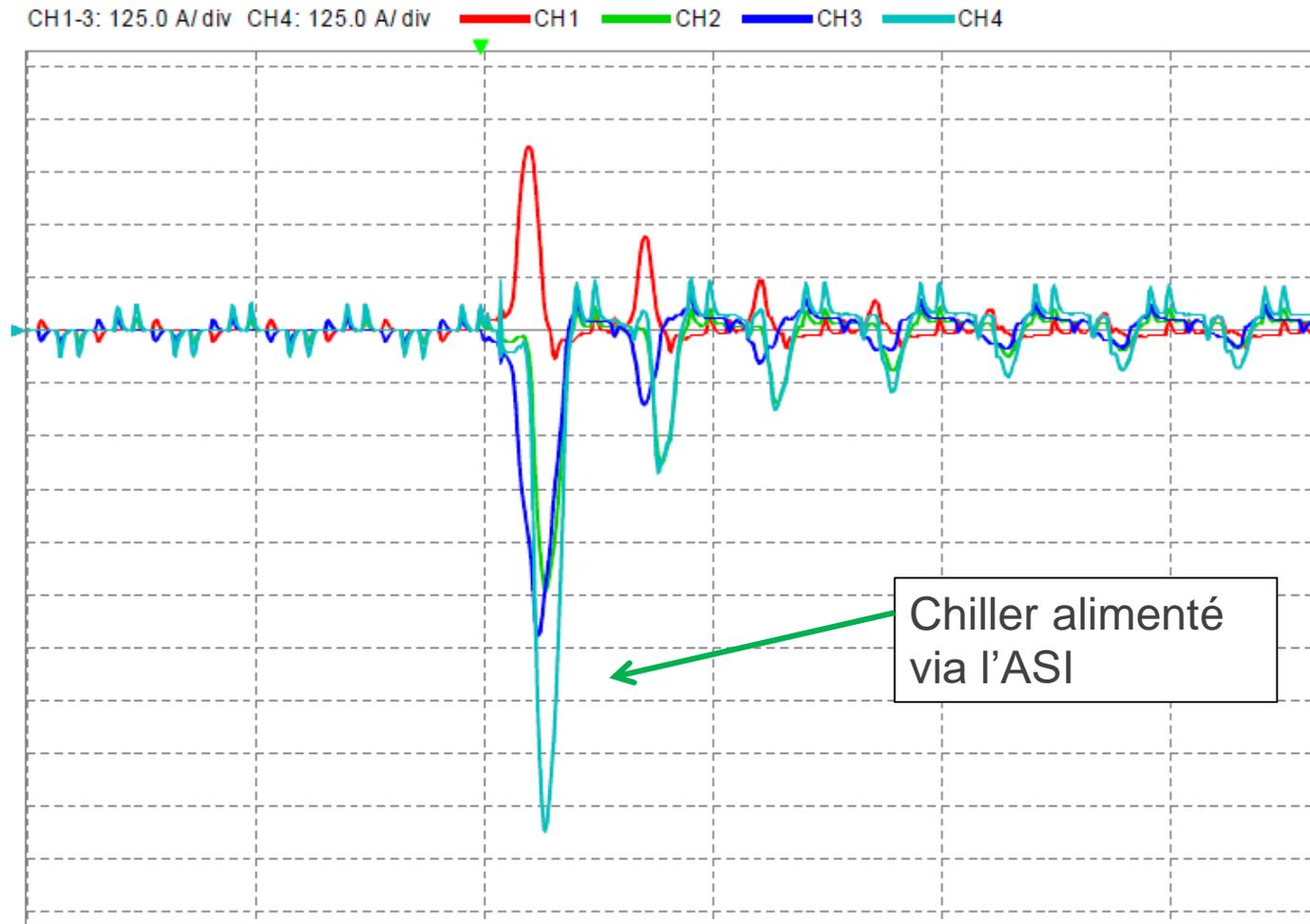


# Imagerie médicale : des charges atypiques

- Exemple d'harmoniques générées par un équipement électromédical type MRI, X-ray :
  - Courant déséquilibré
  - Forte composante harmonique



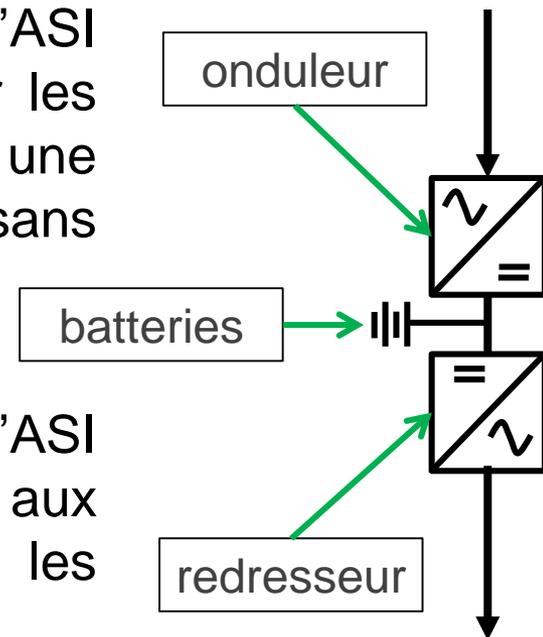
# Démarrage Chiller



# Imagerie médicale : les solutions

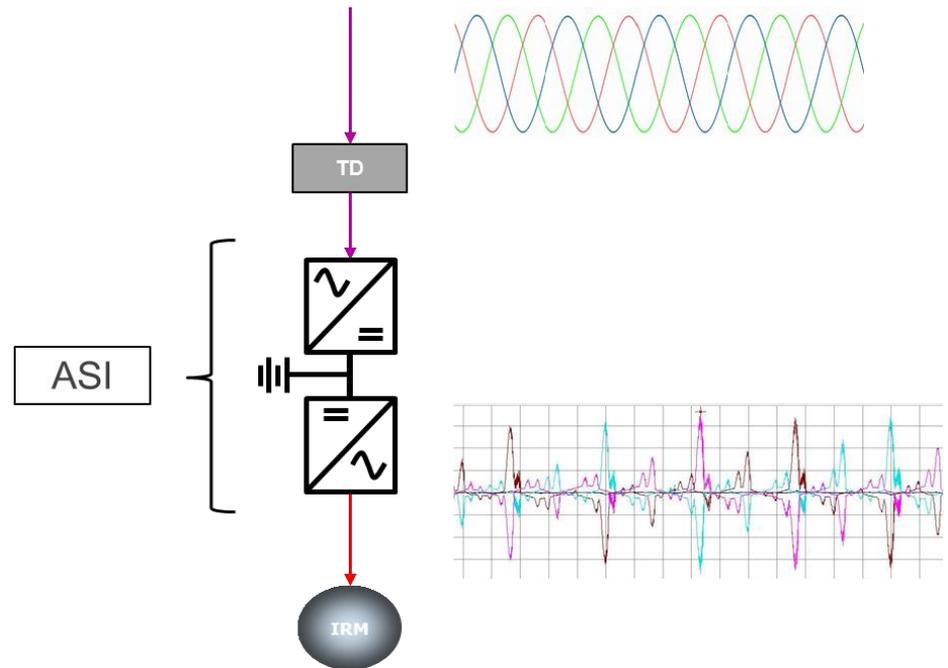
## ■ Garantir la continuité d'exploitation :

- ASI spécialement conçu pour alimenter des équipements électromédicaux triphasés non équilibrés.
- Convertisseur DC/AC (onduleur) de l'ASI dimensionné spécialement pour délivrer les transitoires de courants tout en assurant une tension d'alimentation de qualité (sans transférer sur le bypass).
- Convertisseur AC/DC (redresseur) de l'ASI capable de réagir rapidement aux transitoires de courant pour éviter que les batteries soient sollicitées.

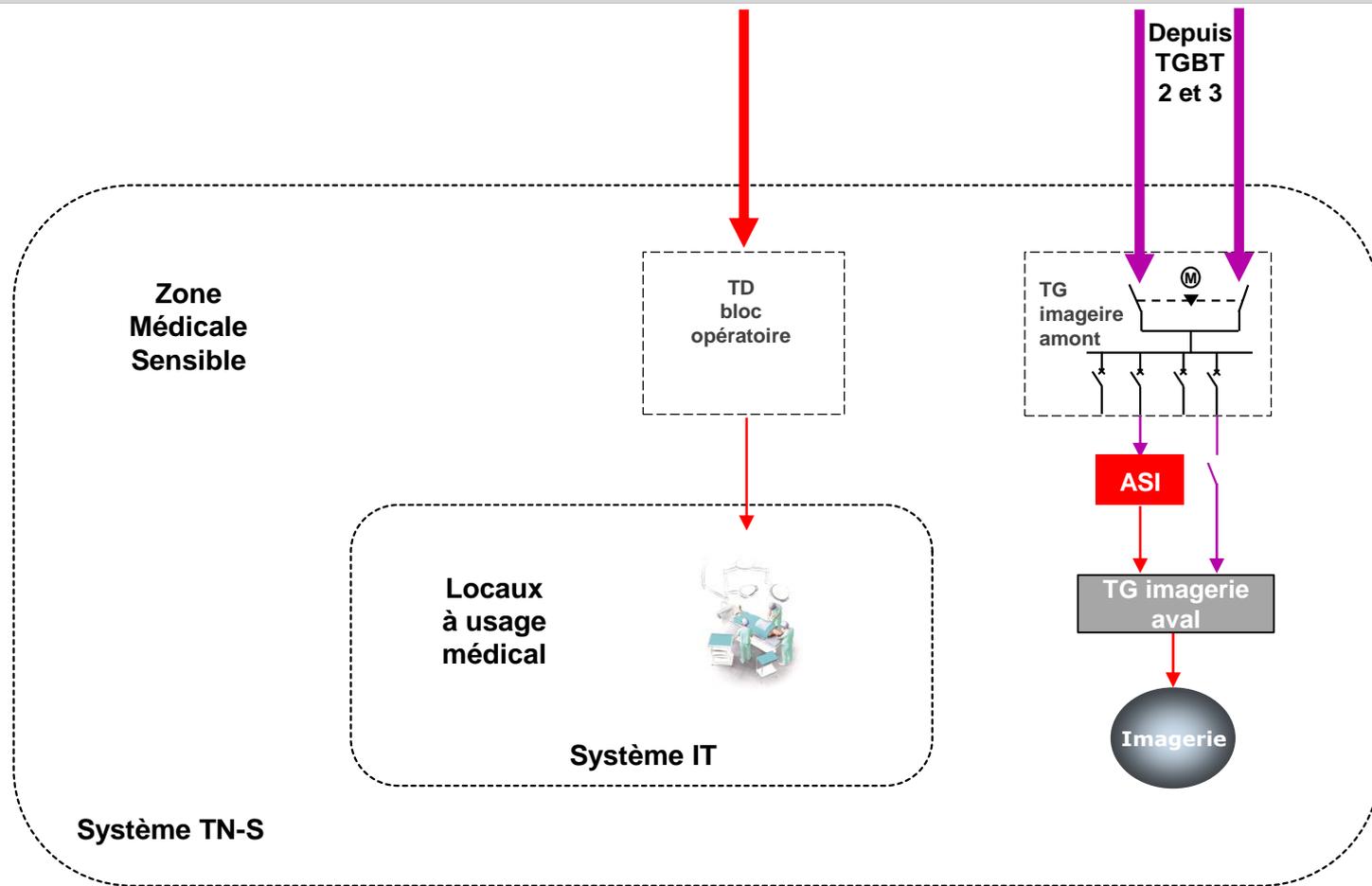


# Imagerie médicale : les solutions

- Limiter les pollutions harmoniques :
  - ASI absorbe les harmoniques générés par l'équipement électromédical
    - ➔ ASI double conversion
    - ➔ Redresseur propre



# Exemple d'architecture électrique en Belgique



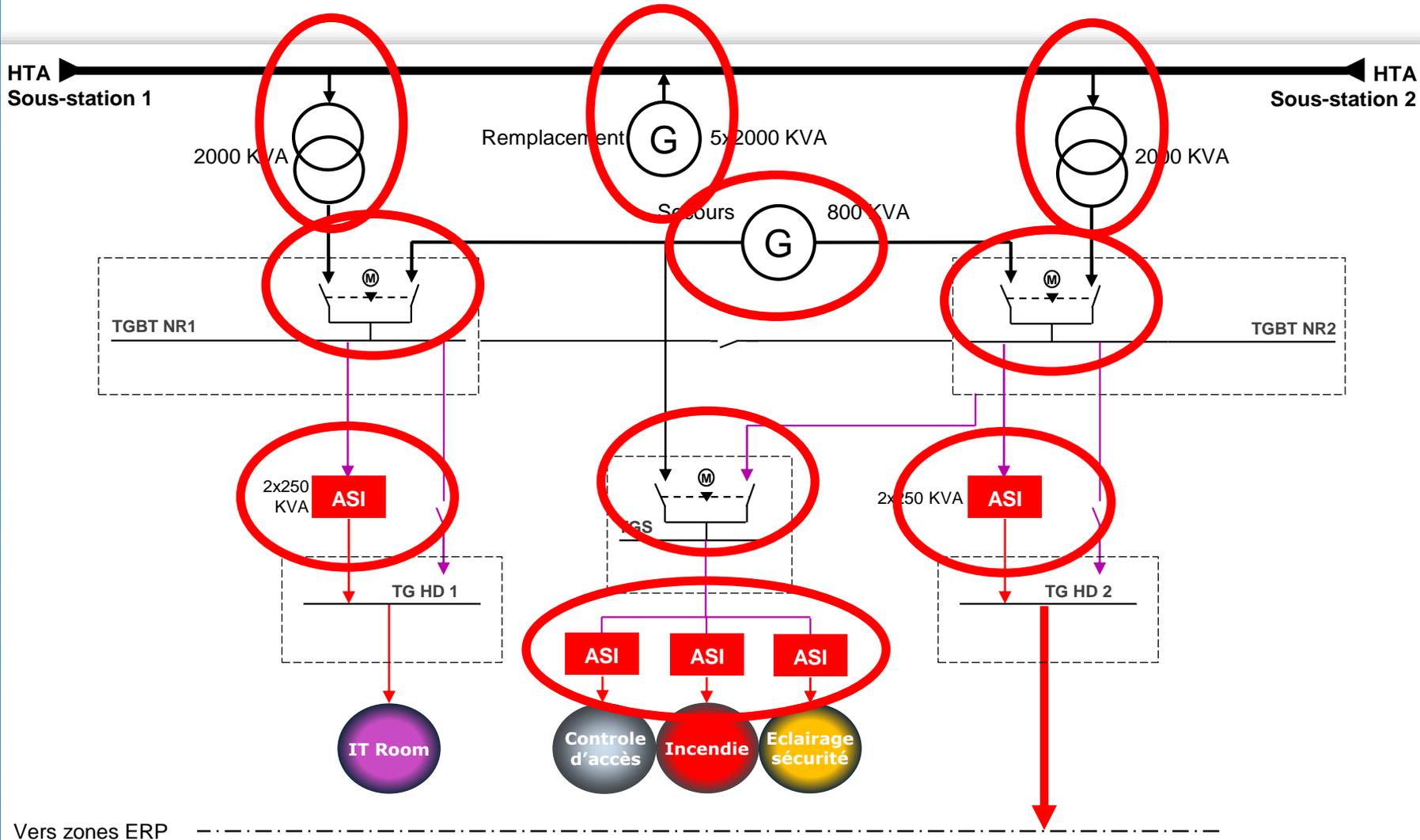
# Sommaire

- Besoins, contraintes et risques électriques
- Principaux textes réglementaires
- Maitrise des risques :
  1. Exemples d'architectures électriques basse tension
  2. Nœuds de criticité
  3. Monitoring
  4. Alimentation des locaux à usage médical
  5. Maintenance

# Tests périodiques

Spécifications	NF C15-211	HD 60364-7-710
Groupe électrogène	Test selon préconisations fournisseur. Selon DHOS/E4/2006/393 : Test fonctionnel mensuel. Test durci semestriel.	Test fonctionnel mensuel. Test en charge annuel.
Commutateur de sources	Test selon préconisations fournisseur.	12 mois.
UPS	Test selon préconisations fournisseur.	Test fonctionnel mensuel. Test en charge annuel.
liaisons équipotentielles supplémentaires	maintenance des équipements participant à la garantie de la fiabilité de l'alimentation électrique.	36 mois.

# Test périodiques

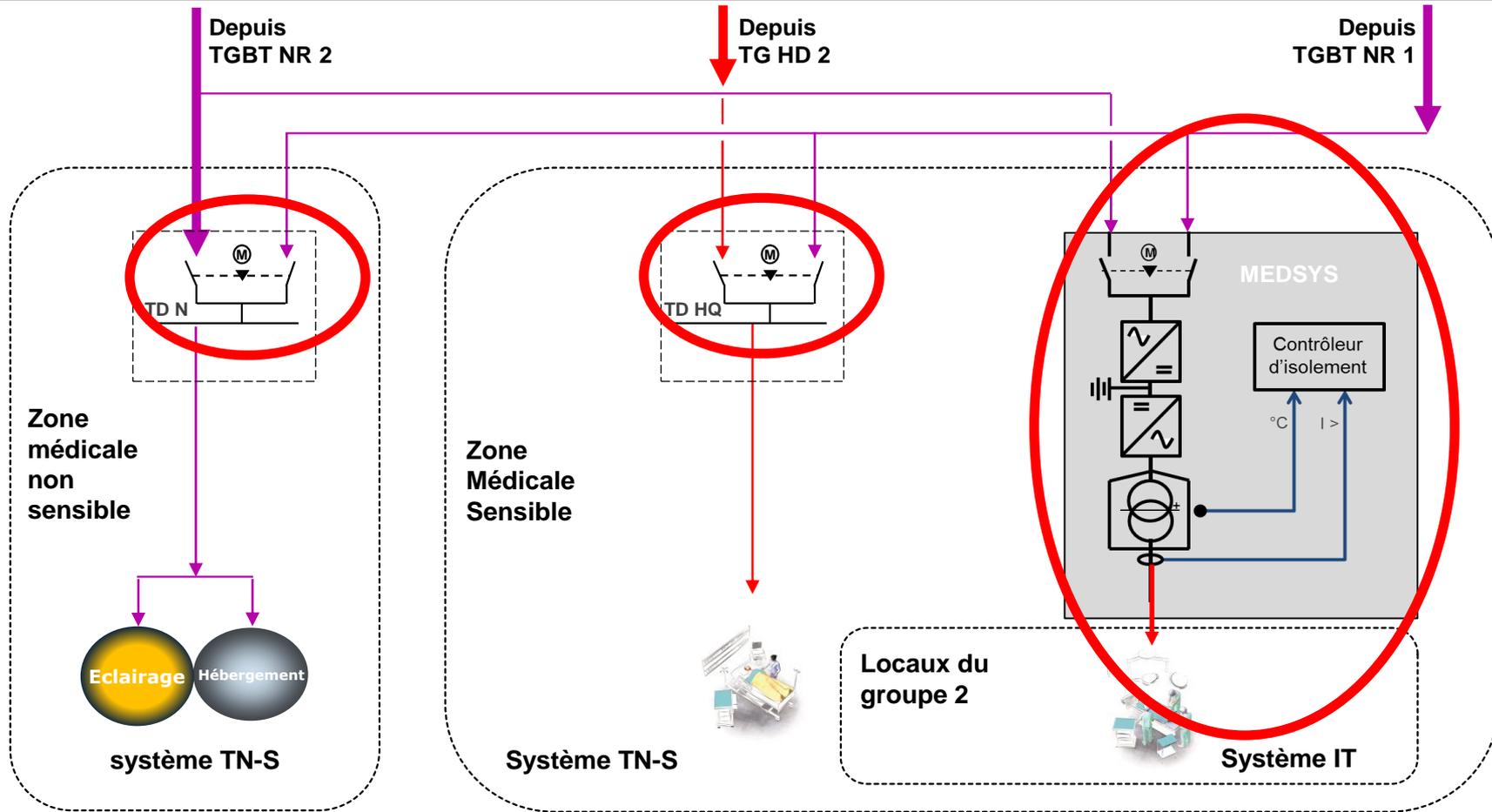


Vers zones ERP

Légende :

- Alimentation normale
- Alimentation N / R
- Alimentation HD

# Test périodiques



# Conclusion



**Solutions spécifiques et adaptées**



**Solutions garanties constructeur**



**Maintenance sur mesure**



**Respect des normes et de la législation**

thank you **SO** much!



# Annexes

- Législation
- NORME IEC / EN 61439  
(Présentation interactive \_ 07/09/2015 \_ V3)
- Analyse des risques

# Extrait cahier n°54

## ■ Maintenance des onduleurs (p169) :

### 12.2.6 Onduleur

Tous les ans :

- dépeussierage complet des circuits de ventilation, refroidisseurs, câblage, etc.,
- nettoyage et réglage des pôles des disjoncteurs ou relais,
- vérification des serrages mécaniques des liaisons électriques et ossatures,
- contrôle visuel des soudures et de l'aspect des circuits imprimés,
- vérification de l'absence d'échauffement ou de vibration inhabituels,
- réalisation du test de transfert sur batteries,
- vérification de l'état et de la charge des batteries,
- remplacement des batteries en fin de vie,
- mesures des U et I,
- vérification des seuils d'alarmes et des reports à distance,
- vérification et réglage des valeurs de consignes de la régulation (floating, charge/égalisation, limitation I chargeur).

La maintenance préventive des onduleurs est de niveaux 3, et doit être réalisée, par une entreprise ou le personnel de l'établissement ayant une bonne connaissance de ces équipements.

# Principaux textes réglementaires

## Organisation globale de la maintenance

Trois types de maintenance sont à envisager et à optimiser en favorisant une attitude proactive :

- Prédictive : en utilisant les possibilités de téléservice et base d'expertise des constructeurs d'équipements essentiels (ex : onduleurs)
  - Préventive : essais périodiques planifiés, visites annuelles
  - Corrective : dépannage en s'assurant de délais réactifs et garantis, améliorés par la proximité du stockage de composants critiques
- Plusieurs types de contrats, à moduler selon les équipements sont possibles, par exemple :
- Intervention sur matériel dans un délai contractuel (ex : 4 h maxi)
  - Téléservice et/ou technicien local détaché
  - Télé-suivi via un site web
  - Analyse des événements et informations réseau par experts
  - Assistance en ligne avec d'experts

# Annexes

- Législation
- **NORME IEC / EN 61439**  
(Présentation interactive \_ 07/09/2015 \_ V3)
- Analyse des risques

# Norme EN 61439 : Nouveautés

- Constructeur d'ORIGINE (CO):
  - Concepteur du système,
  - Délivre les principes de vérification du système (tests, calcul, mesures, règles de conception, réglages, etc.)
  
- Constructeur d'ENSEMBLE (CE):
  - Réalise ou industrialise l'ENSEMBLE en accord avec les règles du Constructeur d'Origine
  - Devient Constructeur d'ORIGINE pour toute modification du système d'origine
  - Réalise les essais de routine de l'ENSEMBLE finalisé.

# EN 61439 : Bénéfices pour l'exploitant

- Qualité :
  - Besoin client caractérisé
  - Performances définies par rapport à ce besoin
  - Performances qualifiées et vérifiées (essais, calculs, mesures)
  
- Accessibilité :
  - ENSEMBLE provenant du CO ou du CE appliquant la EN 61439.
  
- Traçabilité :
  - Traçabilité documentaire totale du tableau (caractéristiques, Produits, réglages, maintenance, évolution...)



# Annexes

- Législation
- NORME IEC / EN 61439  
(Présentation interactive \_ 07/09/2015 \_ V3)
- Analyse des risques

## ■ Comment maîtriser les risques ?

- Analyser les risques électriques
  1. Comment assurer la continuité de service dans les activités à risques et pendant combien de temps
  2. Les causes des pannes et leurs conséquences
  3. Criticité acceptable par l'exploitant
- Préparation technique au risque électrique
- Gestion de crise, Retour d'expérience