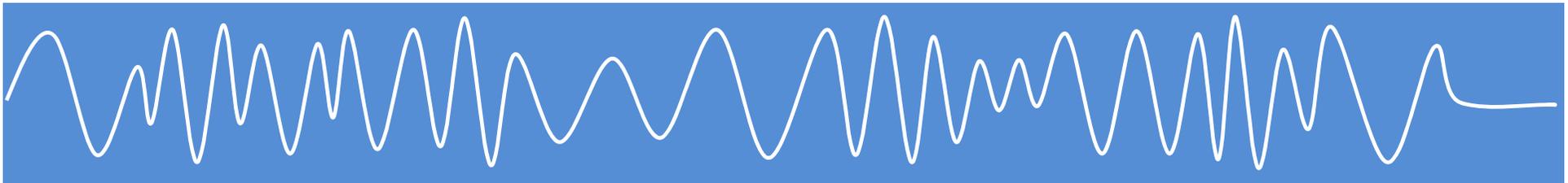
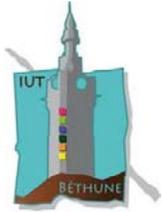


ET3 - RESEAUX:

Présentation et dimensionnement des installations courants forts (CFO) et courants faibles (CFA)

- 4 séances TD de 2h
- 1 Devoir Surveillé de 2h





ET3 – RESEAUX

INTRODUCTION:

- OBJECTIFS :



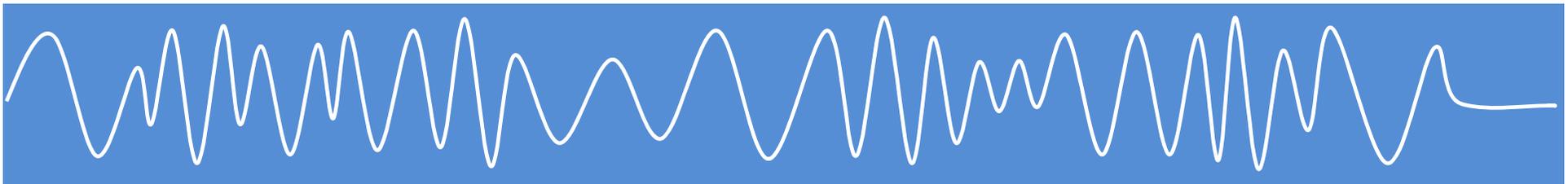
UNIVERSITÉ D'ARTOIS

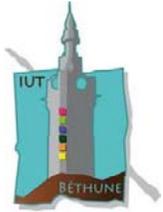
- Le dimensionnement d'une installation électrique est un art difficile dans la mesure où il nécessite de prendre en considération des impératifs techniques, normatifs, économiques, contractuels et stratégiques. Ces derniers sont définis par les 2 principales pièces marché d'un projet :

- Le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)
- Le Cahier des Clauses Administratives Particulières (CCAP)

- L'étude d'une architecture complète présente 5 grandes fonctions élémentaires : la transformation, le transport, la distribution, la conversion et l'exploitation.

- Que ce soit dans le domaine tertiaire ou industriel, l'objectif final est de mettre à disposition les fonctionnalités électriques auprès de l'exploitant en garantissant la maintenabilité, l'évolutivité ainsi que la sécurité des biens et des personnes.





ET3 – RESEAUX

INTRODUCTION:

- OBJECTIFS :



UNIVERSITÉ D'ARTOIS

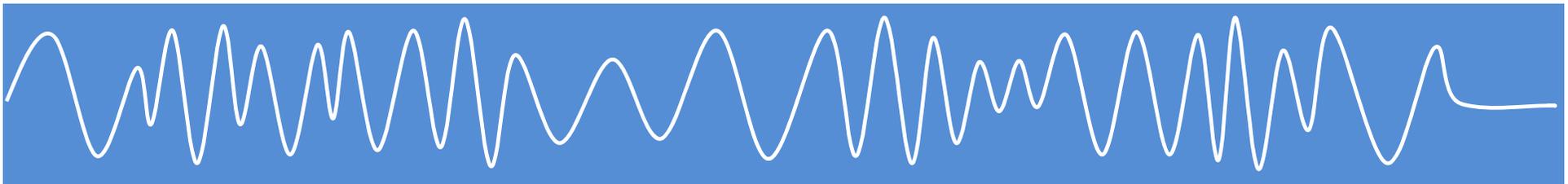
- De façon systématique, nous distinguerons durant toute les étapes de dimensionnement :

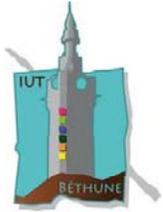
- Les courants forts (transformateur, onduleur, groupe électrogène, TGBT & TD, Ecl, PC, Force, etc...)
- Les courants faibles (VDI, contrôle d'accès, anti intrusion, SSI, etc...)

- Cette phase "ETUDES" aboutira à la production des documents suivants :

- Bilan de puissance
- Implantation CFO – CFA , synoptique et distribution CFO – CFA
- Fiches techniques

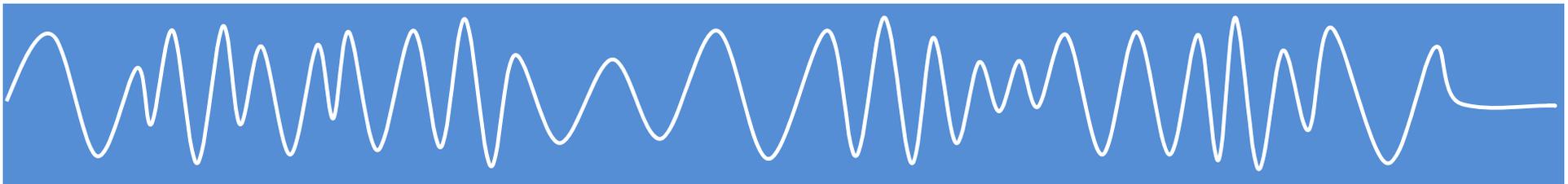
Ces derniers seront soumis pour validation auprès du Bureau d'Etudes techniques (BET) avant la phase d'exécution.

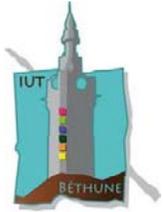




- Durant la phase de réalisation, l'intégrateur de solutions dans le domaine du Génie Electrique devra procéder aux opérations suivantes:

1. Réalisation de la prise de terre
2. Réalisation des incorporations
3. Pose des chemins de câbles
4. Pose des conduits et goulottes
5. Tirage des câbles
6. Installation des postes de livraison et de transformation (cellules MT, transformateur MT/BT)
7. Mise en œuvre des éléments de répartition et de dérivation
8. Installation des tableaux généraux, divisionnaires et terminaux (TGBT, TD)
9. Installations des sources autonomes (onduleurs, groupes)
10. Pose de l'appareillage





1) Règlementations et normes:

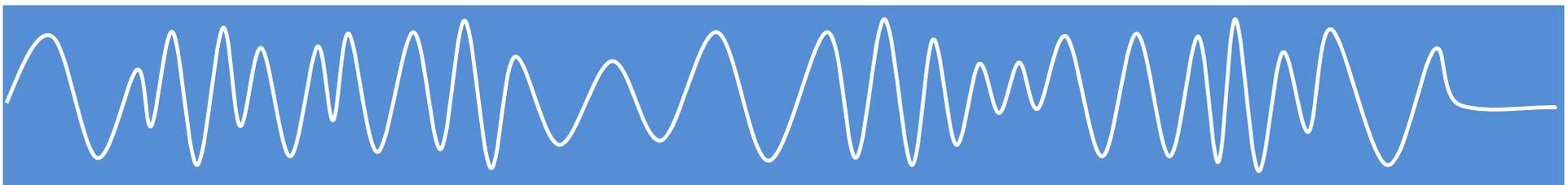
- 1.1) Organismes de normalisations et normes internationales :

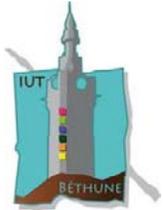


- Dans le cadre du code du travail, les autorités ministérielles définissent les lignes de conduite à respecter afin de garantir l'hygiène et la sécurité des travailleurs et rédigent les décrets, les arrêtés et les lois votées par l'Assemblée nationale. Leur mise en application est garantie par un ensemble de règles et prescriptions définies par les organismes de normalisations :

ORGANISME	DENOMINATION	NORMES
AFNOR	Association Française de Normalisation	Normes NF C...
UTE	Union Technique de l'Electricité	Normes UTE C...
CEI	Commission Electrotechnique Internationale	Normes CEI...
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique	Normes EN...

- Les recommandations CEI ont pour objectif d'harmoniser sur le plan international les normes dans les pays concernés. Ces mesures sont établies par un comité d'experts dans les domaines de la médecine et de l'ingénierie.





1) Règlementations et normes:

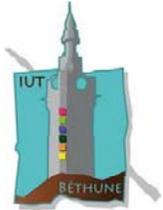
- 1.1) Organismes de normalisations et normes internationales :



A titre d'exemple, ci-dessous quelques normes CEI et leurs domaines de spécification:

NORMES	DESIGNATION
CEI 60 364	Installations électriques Basse Tension
CEI 60 529	Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)
CEI 60 947-1	Appareillages Basse Tension – Règles générales
CEI 60 947-2	Appareillages Basse Tension - Disjoncteurs
CEI 60 947 - 3	Appareillages Basse Tension – Interrupteurs, sectionneurs
CEI 61 000	Compatibilité électromagnétique (CEM)
CEI 61 140	Protection contre les chocs électriques
CEI 61 143-1	Parafoudres Basse Tension
CEI 61 921	Condensateurs de puissance – Batterie de compensation de facteur de puissance BT



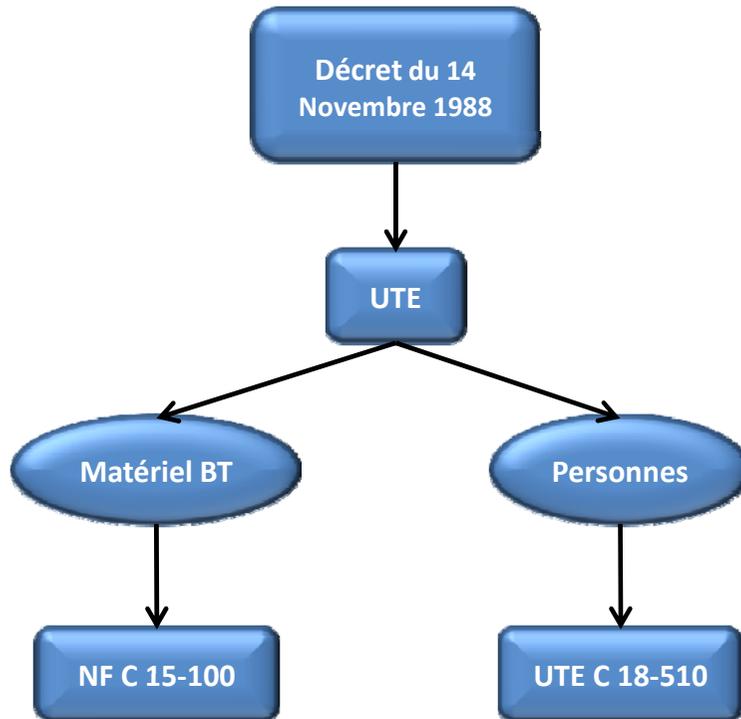


1) Règlementations et normes:

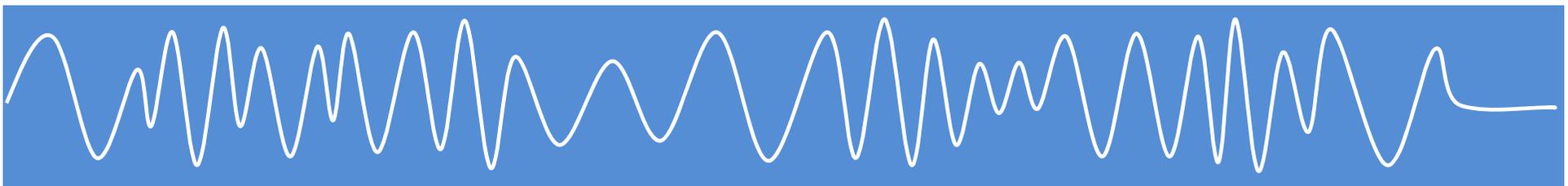
- 1.2) Décret et normes en France:

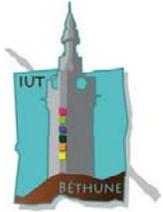


- Le décret du 14 Novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs est applicable à tout établissement industriel, commercial ou administratif, qu'il soit public ou privé, mettant en œuvre des courants électriques.



NORMES	DESIGNATION
NF C 15-100	Installation électrique BT et guide technique
NF C 14-100	Installations de branchement de 1 ^{ère} catégorie comprises entre le réseau de distribution publique et l'origine des installations intérieures
NF C 13-200	Installation électrique Haute Tension
NF C 13-102	Postes simplifiés préfabriqués sous enveloppe
NF C 13-100	Poste de livraison HTA/BT raccordé à un réseau de distribution de 2 ^{ème} catégorie





ET3 – RESEAUX

1) Règlementations et normes:

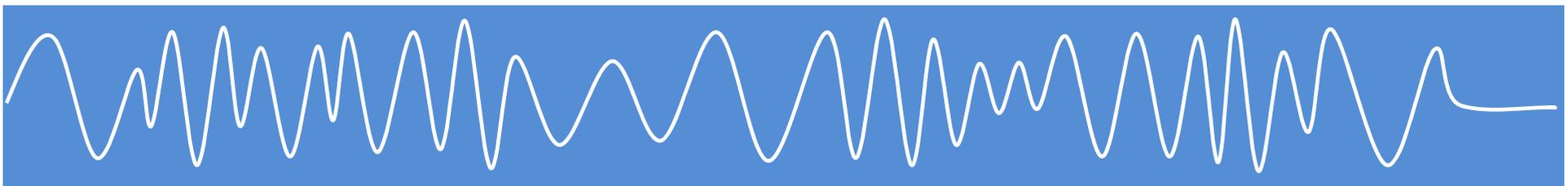
- 1.2) Décret et normes en France:

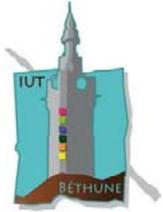


UNIVERSITÉ D'ARTOIS

A travers la NF C 15-100 et la NF C13-200, les niveaux de tension sont définis comme suit:

TENSION ALTERNATIVE	DOMAINE DE TENSION	APPELLATION COURANTE	VALEUR USUELLE EN FRANCE
$\leq 50V$	TBT		12 – 24 – 48V
$\leq 500V$	BTA	BT (Basse Tension)	220 – 380 – 400V
$\leq 1000V$	BTB		
$1 \leq U \leq 50kV$	HTA	MT (Moyenne Tension)	5,5 – 6,6 – 10 – 15 – 20 – 36kV
$U \geq 50kV$	HTB	HT (Haute Tension)	63 – 90 – 150kV
		THT (Très Haute Tension)	225 – 400kV





ET3 – RESEAUX

2) Bilan de puissance:

- Introduction:

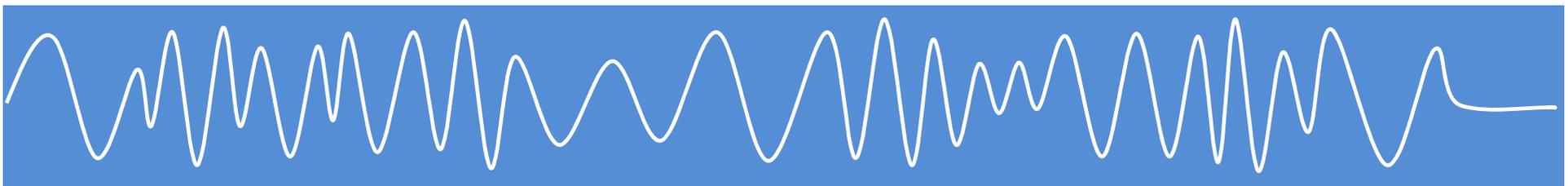


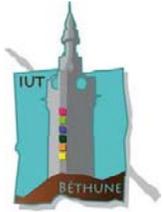
UNIVERSITÉ D'ARTOIS

- Dans la conception d'une installation, il est nécessaire de connaître la puissance maximale que le concessionnaire ERDF devra fournir. Baser ce calcul sur la simple somme arithmétique des récepteurs installés conduirait à une surévaluation des coûts d'exploitation. Pour l'optimiser, nous allons définir des grandeurs prenant en compte :

- La diversité d'utilisation des récepteurs installés
- Le niveau d'utilisation réel des récepteurs installés
- Le niveau d'utilisation prévisionnel des récepteurs installés

- Les valeurs à suivre seront basées sur l'expérience et sur des enregistrements réalisés sur des installations existantes. En plus de fournir une base de données pour le calcul de l'installation de chaque circuit, la méthodologie proposée permet, à partir de ces calculs de base, de fournir une valeur globale pour la puissance d'utilisation de l'installation, sur laquelle peut être spécifié le système de distribution en énergie (réseaux de distribution, transformateur MT/BT, groupe électrogène).





2) Bilan de puissance:

- 2.1) Puissance installée:

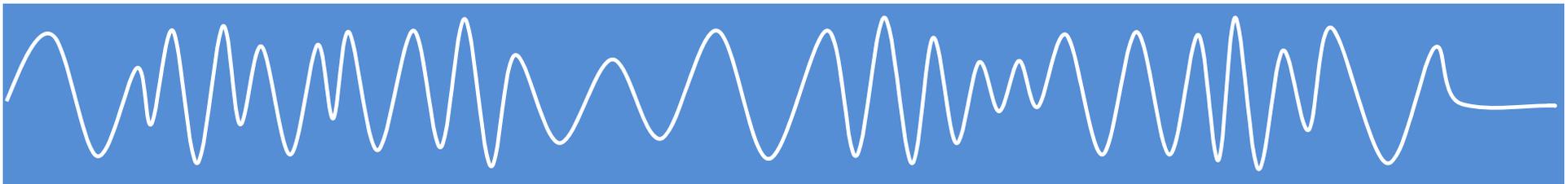


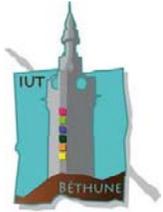
- La puissance installée P_{inst} est égale à la somme des puissances nominales P_{nom} des récepteurs de l'installation.

$$P_{inst} = \sum P_{nom}(\text{Récepteur})$$

- La valeur de la puissance nominale d'un récepteur est donnée par sa documentation technique. En pratique, la puissance nominale d'un récepteur n'est pas toujours égale à la puissance consommée par ce dernier:

- Pour un moteur, la puissance nominale correspond à la puissance de sortie sur son arbre. La puissance d'entrée consommée est évidemment plus importante.
- Pour une lampe à décharge ou une lampe fluorescente, qui possède un ballast stabilisateur, la puissance nominale indiquée sur la lampe (correspondant à la consommation par la lampe seule) est inférieure à la puissance consommée par la lampe et son ballast.





2) Bilan de puissance:

- 2.2) Puissance absorbée:

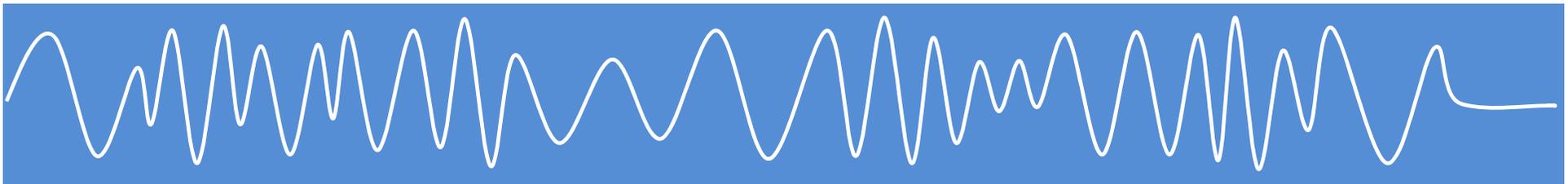


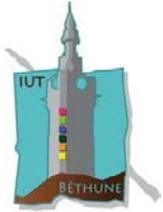
- La puissance absorbée P_{abs} d'un récepteur est donnée par la puissance nominale P_{nom} , le rendement unitaire ρ et le facteur de puissance $\cos\varphi$.

$$P_{abs} = \frac{P_{nom}(\text{Récepteur})}{\rho \cdot \cos(\varphi)}$$

La puissance absorbée est souvent supposée être la somme arithmétique des puissances apparentes de chaque récepteur (cette sommation est exacte si toutes les charges ont le même facteur de puissance) pour des raisons de confort de calcul.

Par conséquent, la valeur de la puissance apparente est supérieure à la valeur de la puissance absorbée, la différence représente une marge d'erreur acceptable lors de la phase de conception.





2) Bilan de puissance:

- 2.3) Puissance d'utilisation et puissance foisonnée:



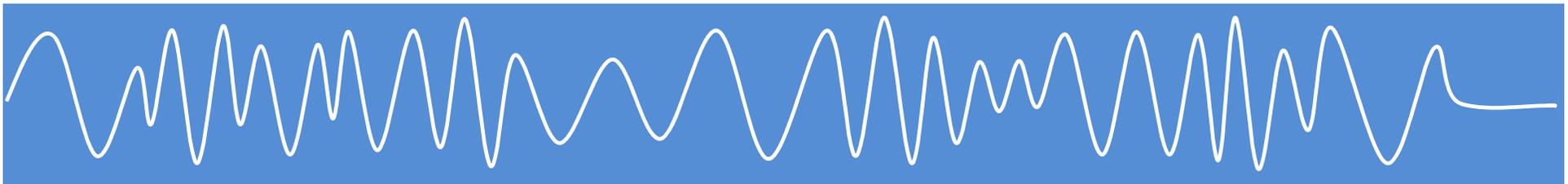
- La puissance d'utilisation P_u est égale à la somme des puissances absorbées et valorisées par le facteur suivant:

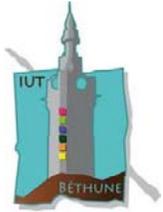
$$P_u = K_u \cdot P_{abs}$$

➤ **K_u , facteur d'utilisation maximum:**

- Il traduit le fait que le régime de fonctionnement d'un récepteur peut être inférieur à la puissance nominale. Il s'applique individuellement à chaque récepteur (circuits terminaux).

Utilisation	K_u
Force motrice	0,75 à 1
Eclairage	1
Chauffage	1
Ventilation	1
PC	1





2) Bilan de puissance:

- 2.3) Puissance d'utilisation et puissance foisonnée:



- La puissance foisonnée P_F d'une distribution est égale à la somme des puissances absorbées et valorisées par le facteur suivant:

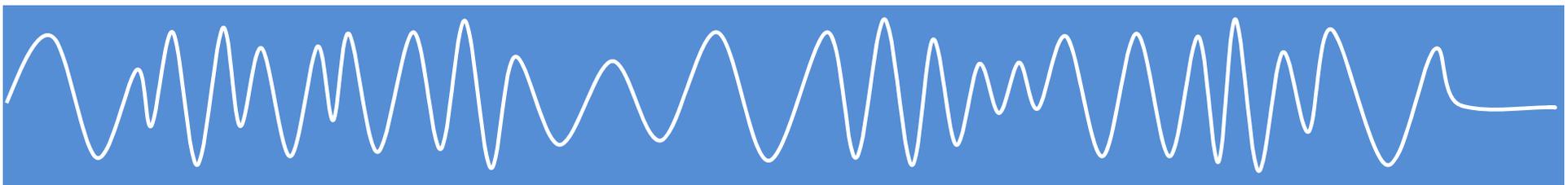
$$P_F = K_S \cdot P_u = K_S \cdot K_u \cdot P_{abs}$$

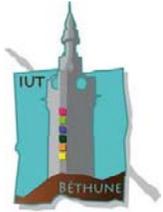
➤ **K_S , facteur de simultanéité:**

- Il traduit le fait qu'un ensemble de récepteurs ne soit pas utilisé en même temps.
- Il s'applique à chaque regroupement de récepteurs (distributions ou tableaux divisionnaires).

Nombre de circuits	K_S
2 à 3	0,9
4 à 5	0,8
6 à 9	0,7
≥ 10	0,6

Utilisation	K_S
Eclairage	1
Chauffage	1
Prise de Courant	0,1 à 0,2 (*)
Ascenseur	1





2) Bilan de puissance:

- 2.4) Courant d'emploi défini par la NF C 15-100:



- La NF C 15-100 nous donne la valeur du courant d'emploi I_B circulant dans les conducteurs de phase et définie par :

$$I_B = P_{nom} \cdot a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e$$

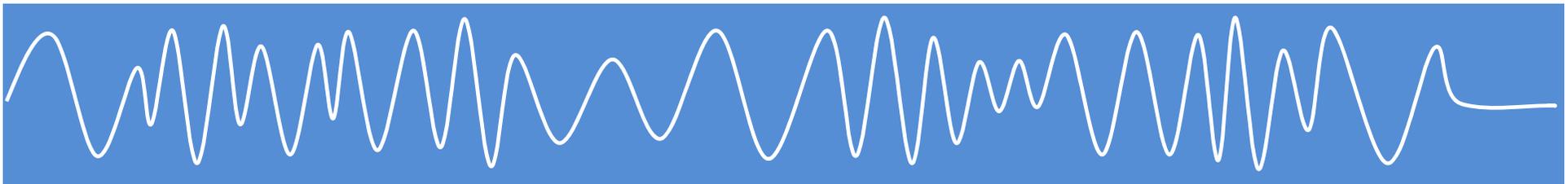
➤ Le facteur a:

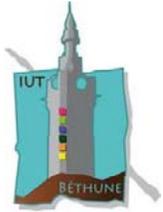
Il tient compte du facteur de puissance et du rendement: $a = \frac{1}{\rho \cdot \cos(\varphi)}$

- Pour l'éclairage et les moteurs voir le guide UTE C 15-105
- Pour le chauffage (par résistance) : $a = 1$
- Pour les autres récepteurs : a est à déterminer suivant les indications des constructeur

➤ Le facteur b , facteur d'utilisation des appareils:

Dans une installation industrielle, le facteur b peut varier entre 0,3 et 0,9. En l'absence d'indications plus précises, un facteur d'utilisation de 0,75 peut généralement être adopté pour les appareils à moteur. Pour les appareils d'éclairage et de chauffage, le facteur d'utilisation est toujours égal à 1.





2) Bilan de puissance:

- 2.4) Courant d'emploi défini par la NF C 15-100:



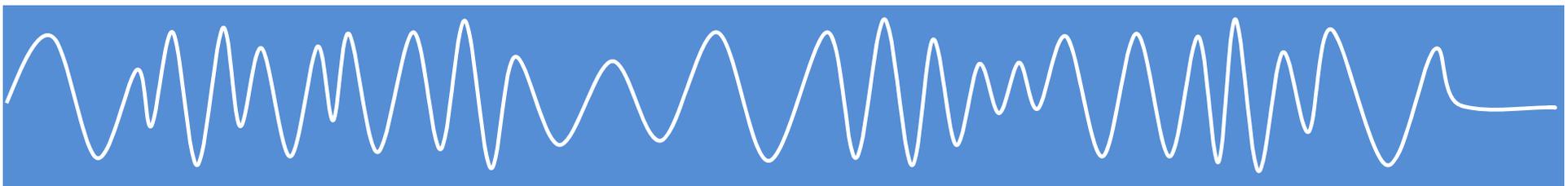
➤ Le facteur c: facteur de simultanéité:

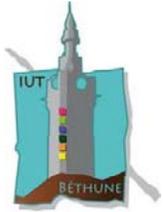
La détermination des facteurs de simultanéité c nécessite la connaissance détaillée de l'installation considérée et l'expérience des conditions d'exploitation, notamment pour les moteurs et les prises de courant. Il n'est pratiquement pas possible de spécifier des valeurs du facteur c pour chaque type d'installation, mais, en l'absence d'indications plus précises, la valeur du facteur de simultanéité peut être prise dans le tableau suivant :

UTILISATION	FACTEUR DE SIMULTANEITE
Eclairage	1
Chauffage	1
Prise de Courant	0,1 à 0,2 (*)
Ascenseur	1

* Dans certaine installations industrielles, on prendra pour les Prises de Courants: $c(PC) = 0,1 + \frac{0,9}{n}$

n étant le nombre de prises de courant du circuit considéré.





2) Bilan de puissance:

- 2.4) Courant d'emploi défini par la NF C 15-100:



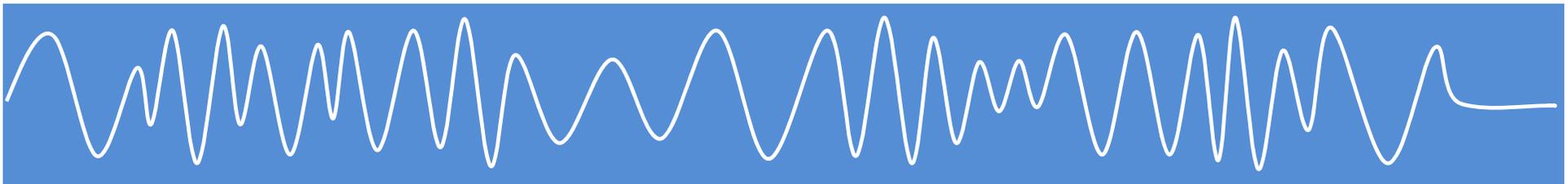
➤ Le facteur d :

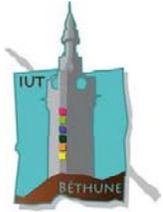
Il tient compte des prévisions d'extension. La valeur du facteur d doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation ; il est au moins égal à 1 et pour les installations industrielles, une valeur d'au moins 1,2 est recommandée.

➤ Le facteur e : facteur de conversion des puissances en intensités:

Le facteur e, exprimée en kW ou en kVA, en intensité exprimée en ampères peut être pris égal à :

- en monophasé 127 V, $e = 8$
- en monophasé 230 V, $e = 4,35$
- en triphasé 230 V, $e = 2,5$
- en triphasé 400 V, $e = 1,4$





2) Bilan de puissance:

- 2.5) Méthodologie:



- Le calcul du bilan de puissance d'une installation commence par la phase d'implantation des récepteurs permettant ainsi d'en optimiser leur nombre afin de réduire les coûts. On prendra soin de séparer le bilan de puissance en postes comme suit :

➤ Prises de courant:

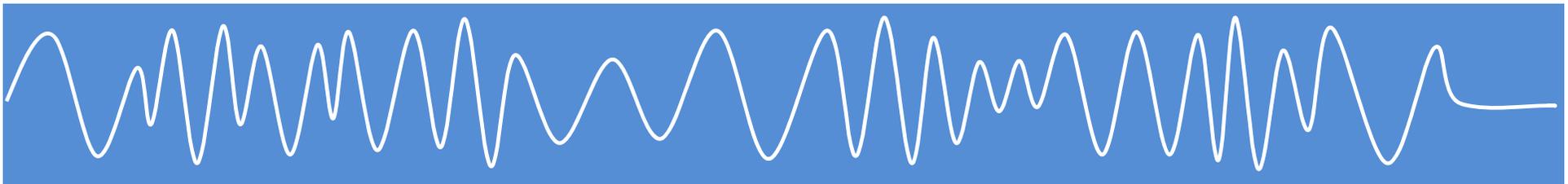
Elles seront regroupées par niveau de puissance et par type.

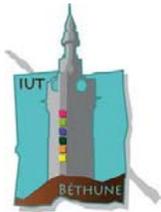
➤ Alimentations Force:

Les alimentations force seront regroupées par type d'utilisation.

➤ Eclairage:

Un calcul d'éclairage par type de luminaire devra être effectué, afin de vérifier la corrélation entre le nombre d'appareils définis et le niveau d'éclairage requis au CCTP. Ils seront regroupés par niveau de puissance.



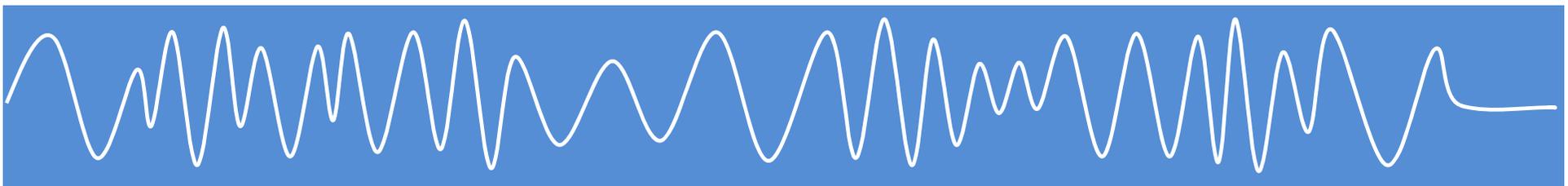
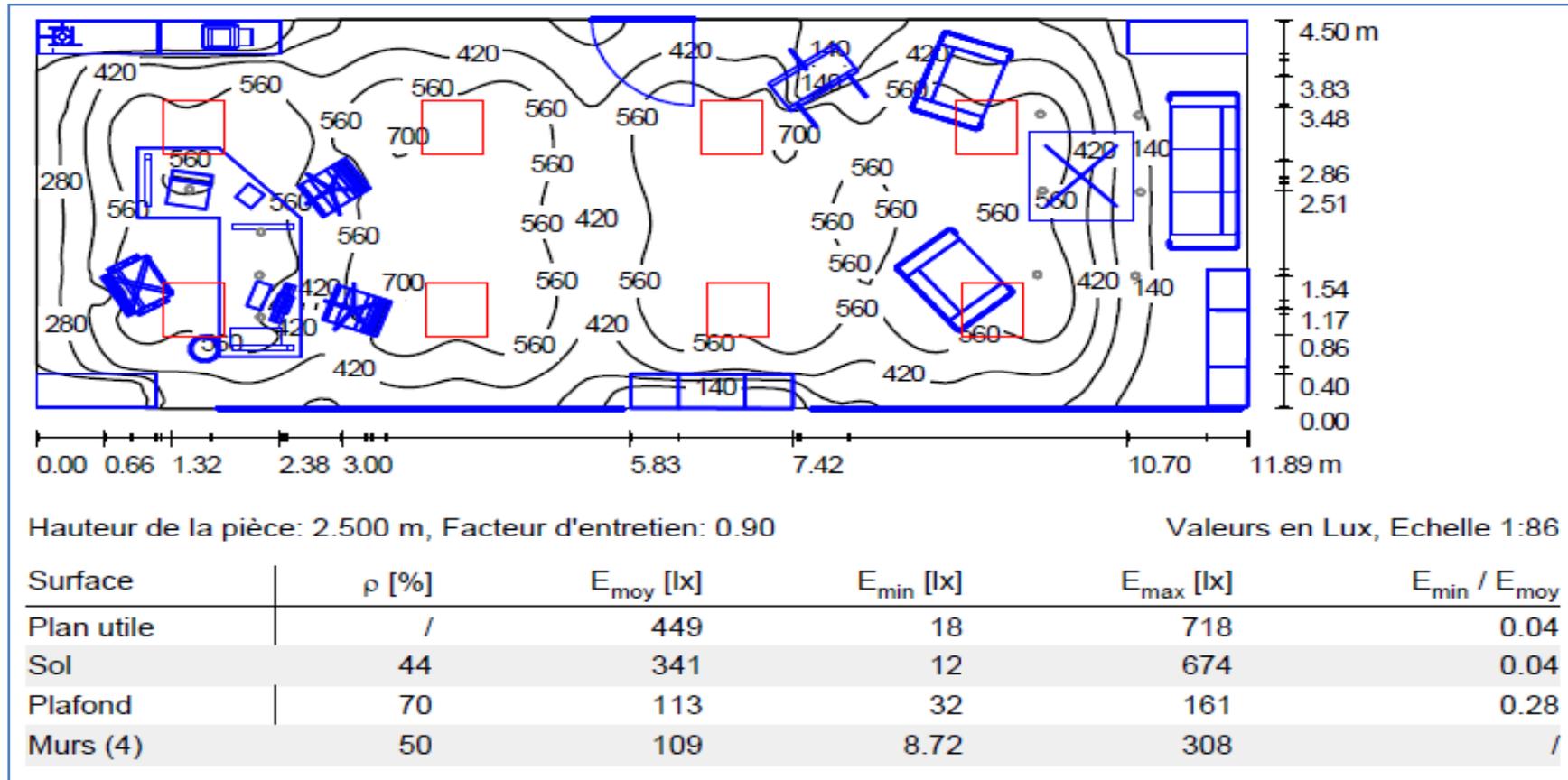


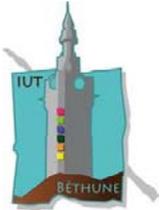
2) Bilan de puissance:

- 2.5) Méthodologie:



Calcul d'éclairage 2D d'un espace de travail réalisé à partir du logiciel DIALUX:





ET3 – RESEAUX

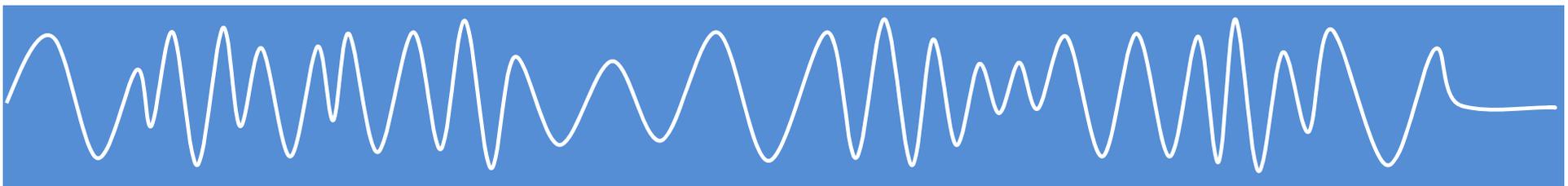
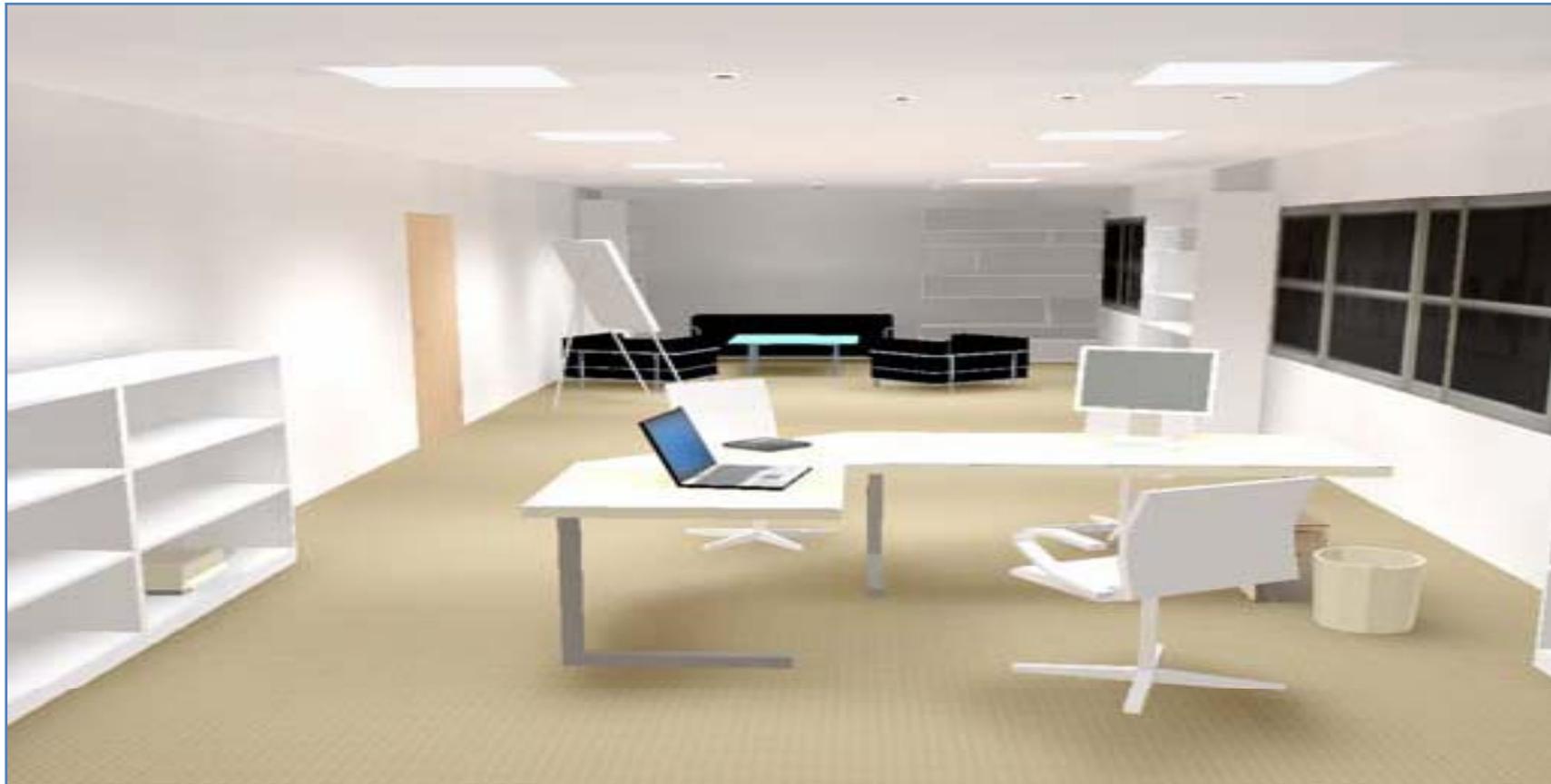
2) Bilan de puissance:

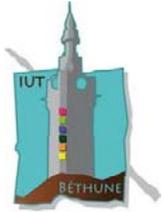
- 2.5) Méthodologie:



UNIVERSITÉ D'ARTOIS

Rendu 3D du même espace de travail réalisé à partir du logiciel DIALUX:





2) Bilan de puissance:

- 2.5) Méthodologie:



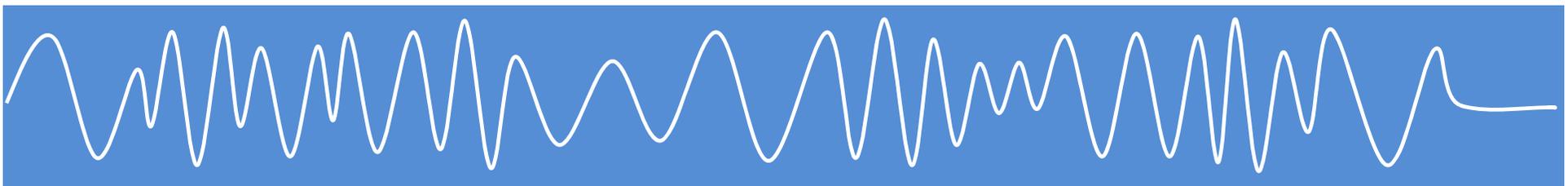
➤ Le facteur d'utilisation et de simultanéité:

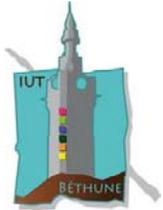
Les différents facteurs seront appliqués par poste en fonction de l'utilisation en respectant la norme NF C 15-100.

➤ Le facteur de puissance et la réserve de puissance:

Ils seront appliqués sur l'ensemble des puissances ainsi obtenues et seront conformes aux valeurs données par le CCTP.

L'intégration de ces 2 derniers paramètres permettra de définir la valeur du disjoncteur de tête ainsi que la tarification de l'installation.





2) Bilan de puissance:

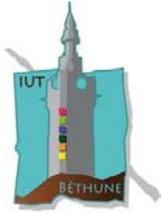
- 2.5) Méthodologie:



BILAN DE PUISSANCE ESTIMATIF									
Identité Affaire :				n° document		Indice			
N° Affaire	Client	Intitulé		Surface	Date				
Détail Estimatif des consommations :				Nom Armoire :					
Désignation	Qté	P° Unit. W	P° Totale W	Coefficient normes C15-105				TOTAL	
				a R/P°	b (E _u) Utilisation	c (E _s) Simultan.	d Extension	Puissance	Intensité
Eclairage :									
Prises de courant :									
Alimentations Forces :									
Détail Estimatif des consommations :									
Désignation	Qté	P° Unit. W	P° Totale W	Coefficient normes C15-105				TOTAL	
				a R/P°	b (E _u) Utilisation	c (E _s) Simultan.	d Extension	Puissance	Intensité
Chauffage électrique :									
Autres :									
Résultats :				réserve de P° souhaitée :		Total :			
				Tension réseau : 400 V		+ réserve :			
				cosinus φ utilisé : 0,85		P à prévoir :			
P° à Souscrire :		ratio P° totale/surface :		P° / m² :					
		ratio éclairage/surface :		P° / m² :					

1. Renseigner pour chaque poste (Ecl, PC, Force, CVC, autres) les différents types d'appareillages du projet.
2. Renseigner les quantités et les puissances unitaires de chaque appareillage.
3. Calculer la puissance totale de chaque appareillage.
4. Renseigner les coefficients normés pour chaque appareillage.
5. Calculer la puissance totale foisonnée de chaque appareillage.
6. Déterminer le niveau de réserve de puissance de l'installation.
7. Calculer la somme totale de l'installation en kW.
8. Convertir la puissance totale de l'installation en kVA à partir du facteur de puissance.
9. En déduire le niveau de tarification à souscrire.





ET3 – RESEAUX

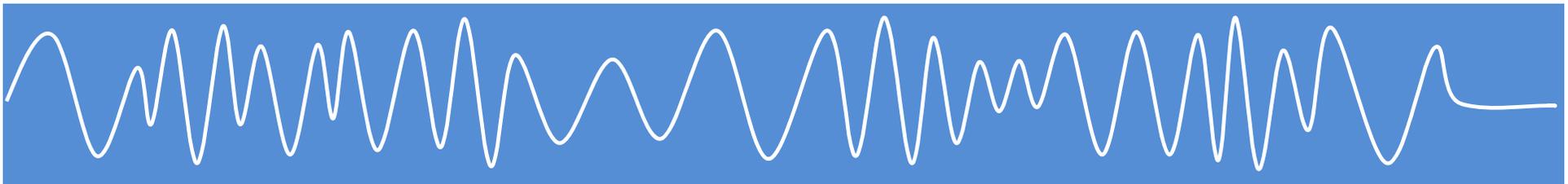
3) Tarifification:

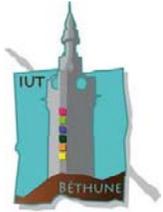
- Introduction:



UNIVERSITÉ D'ARTOIS

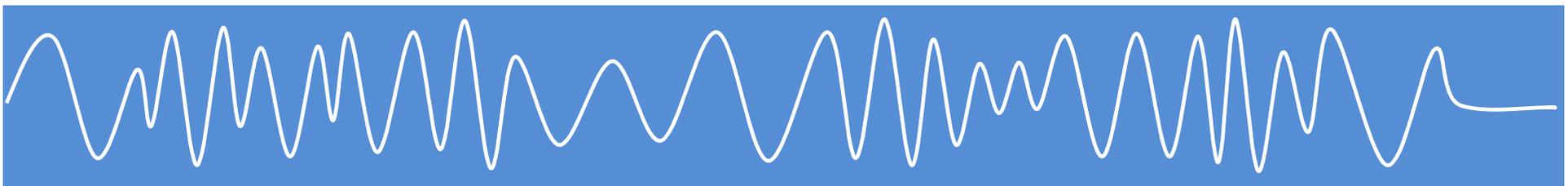
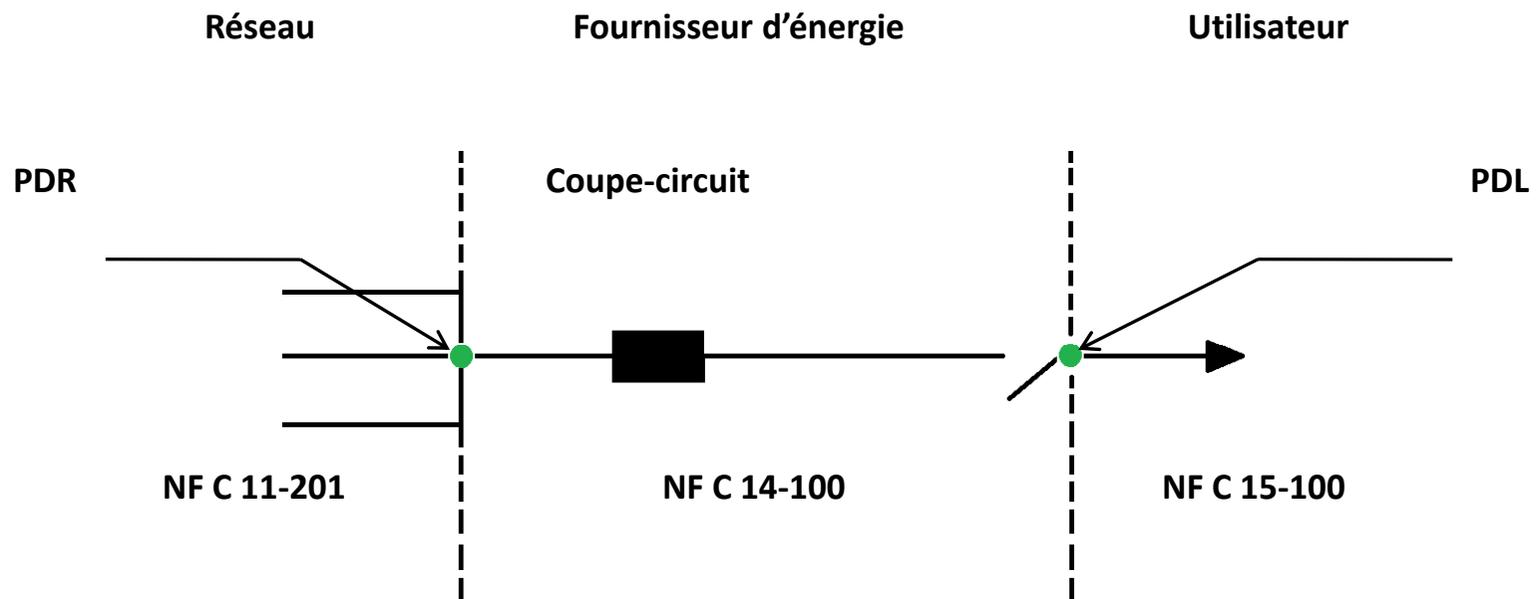
- L' interconnexion entre les installations privées et le réseau de distribution basse tension, généralement appelé "branchement", fait l'objet d'une norme spécifique: la NF C 14-100.
- Cette norme traite de la conception et de la réalisation des installations de branchement à basse tension comprise entre le point de raccordement (PDR) au réseau et le point de livraison (PDL) aux utilisateurs.
- Elle s'applique aux branchement individuels et aux branchements collectifs. Elle permet de concevoir des installations de branchement jusqu'à 400A, en assurant à tout moment la sécurité des biens et des personnes.
- A partir du transformateur HTA/BT la distribution publique est limitée en puissance à 250kVA et le neutre du transformateur est relié à la terre suivant le schéma TT ou TN-S.
- Le réseau distribue les tensions 230/410 volts avec des tolérances allant de -10% à +6%.

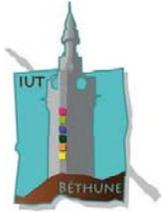




- La NF C 14-100 constitue le lien entre:

- les dispositions applicables en amont du point de raccordement (NF C 11-201)
- les dispositions applicables en aval du point de livraison (NF C 15-100)



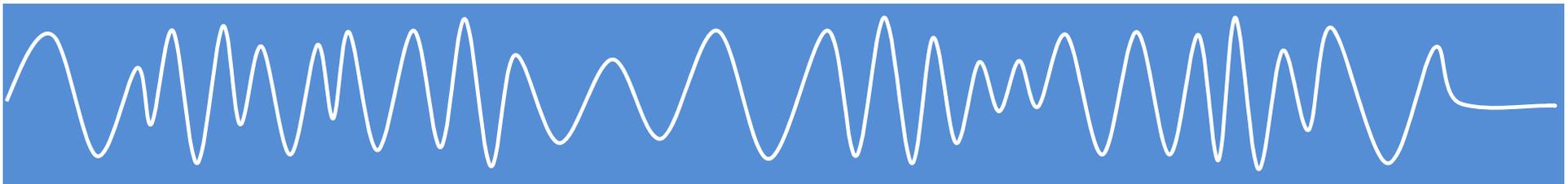


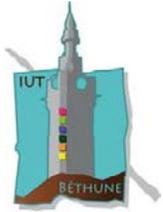
3) Tarification:

- 3.1) Branchement à puissance limitée $\leq 36\text{kVA}$ (tarif bleu):



- C'est un branchement pouvant être monophasé ou triphasé. **La puissance appelée au point de livraison est limitée** par un dispositif approprié (Appareil Général de Commande et de Protection) à la puissance souscrite par l'utilisateur.
- L'AGCP assure de façon coordonnée:
 - le sectionnement et la commande
 - la protection contre les surintensités
 - la coupure d'urgence
 - la protection contre les contacts indirects
 - la limitation de puissance
- L'utilisateur a la possibilité de choisir parmi plusieurs options et niveaux de puissance.
- 2 types de branchement sont définis selon l'emplacement du PDL:
 - type 1: lorsque le PDL se situe dans les locaux de l'utilisateur
 - type 2: lorsque le PDL se situe en limite de propriété à proximité du coupe circuit individuel





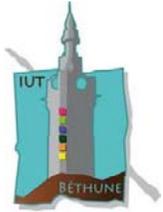
3) Tarifification:

- 3.2) Branchement à puissance surveillée de 36 à 250kVA (tarif jaune):



- C'est un branchement triphasé. L'utilisateur a la possibilité de choisir parmi plusieurs options et niveaux de puissance.
- Le Gestionnaire du Réseau de Distribution enregistre, à partir d'un appareil de mesure, la puissance appelée au point de livraison. **Le dépassement de la puissance souscrite est alors possible.**
- Le dispositif permettant la gestion de ce branchement comprend:
 - le Coffret de couplage assurant:
 - le comptage de la puissance délivrée
 - le sectionnement de l'installation à partir d'un interrupteur à coupure visible
 - l' AGCP assurant:
 - le sectionnement et la commande
 - la protection contre les surintensités
 - la coupure d'urgence
 - la protection contre les contacts indirects (par adjonction d'un dispositif différentiel)
 - la limitation de puissance (par adjonction d'un déclencheur) *[ne constitue pas la vocation première]*



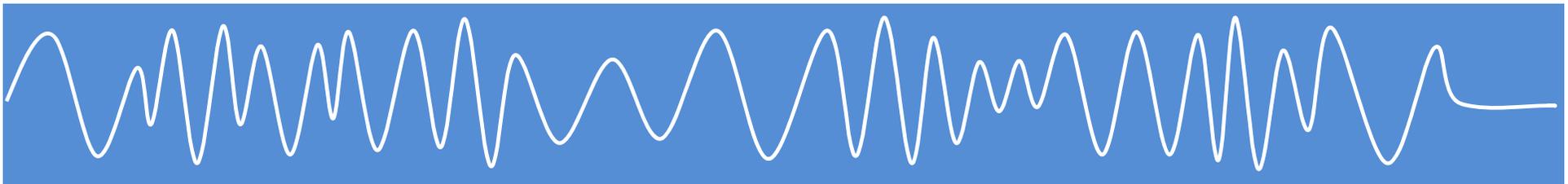


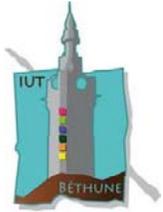
3) Tarifification:

- 3.3) Branchement à puissance surveillée > 250kVA (tarif vert):



- C'est un branchement triphasé. L'utilisateur a la possibilité de choisir parmi plusieurs options et niveaux de puissance. Dans ce cas, l'installation se voit dotée d'un poste de livraison MT. Avant toute réalisation, l'accord officiel du distributeur d'énergie concernant les éléments constitutifs du poste et ses méthodes d'installation doit être obtenu. Après les essais et le contrôle de l'installation par un organisme agréé, la délivrance d'un certificat de conformité permet la mise sous tension du poste.
- En fonction de l'architecture du réseau MT, plusieurs solutions de raccordement pourront être adoptées.
- Conformément à la NF C 13-100, le poste sera équipé :
 - D'un transformateur MT/BT
 - Des organes de protection
 - Des organes de coupure et de verrouillage
 - Des organes d'asservissement





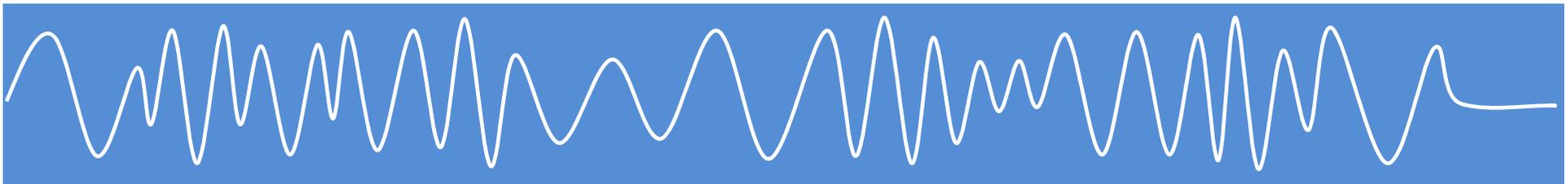
3) Tarifification:

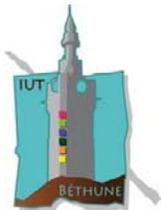
- 3.3.1) Tarif vert – Raccordement au réseau de distribution publique:



- L'alimentation du poste de livraison, depuis le réseau de distribution publique MT peut se faire de plusieurs façons :

- Raccordement sur un réseau radial MT (simple dérivation). Le poste est alimenté par une dérivation du réseau.
- Raccordement sur une boucle MT (coupure d'artère). L'alimentation du poste est insérée en série sur la ligne du réseau de distribution moyenne tension en boucle et permet le passage du courant de la ligne via un jeu de barres. Ce schéma permet à l'utilisateur de bénéficier d'une alimentation fiable à partir de 2 départs MT, ce qui limite les temps d'interruption en cas de défaut ou de travaux sur le réseau du distributeur.
- Raccordement sur 2 câbles MT en parallèle (double dérivation). Lorsqu'il est possible de disposer de 2 câbles souterrains en parallèle pour alimenter le poste, on utilise un tableau MT similaire à celui du poste en coupure d'artère. La principale différence avec le poste en coupure d'artère est que les 2 interrupteurs-sectionneurs sont inter verrouillés de façon à ce qu'un seul d'entre eux puisse être fermés à la fois.



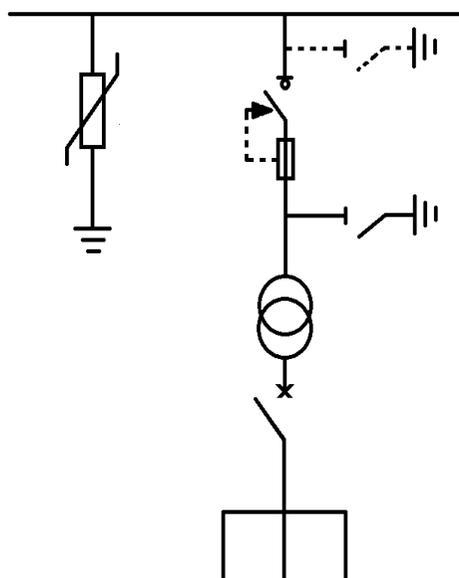


3) Tarifification:

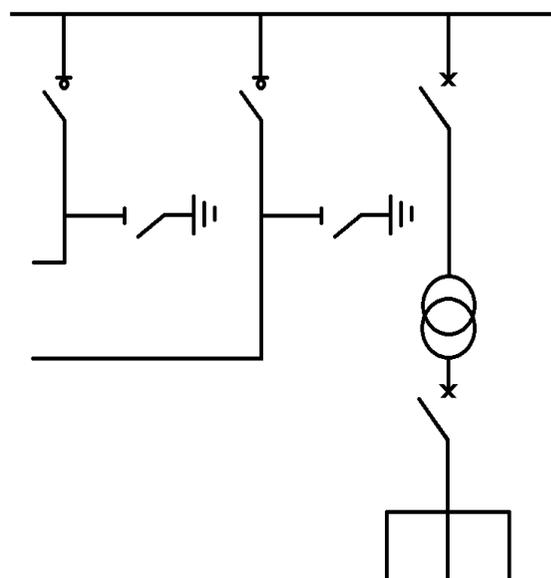
- 3.3.1) Tarif vert – Raccordement au réseau de distribution publique:



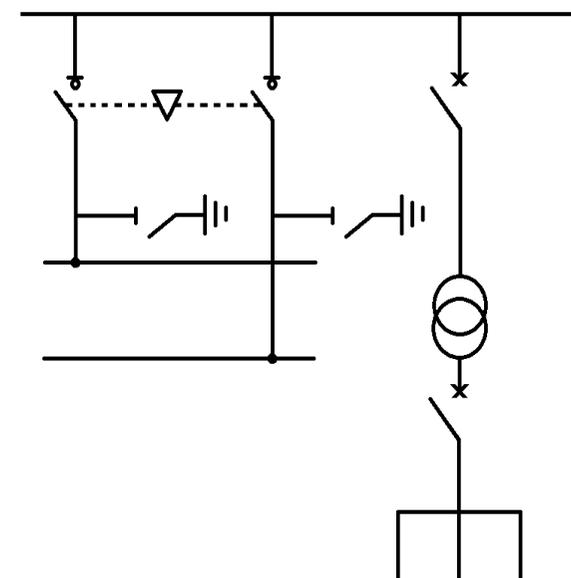
- Représentation des principaux types de raccordement:



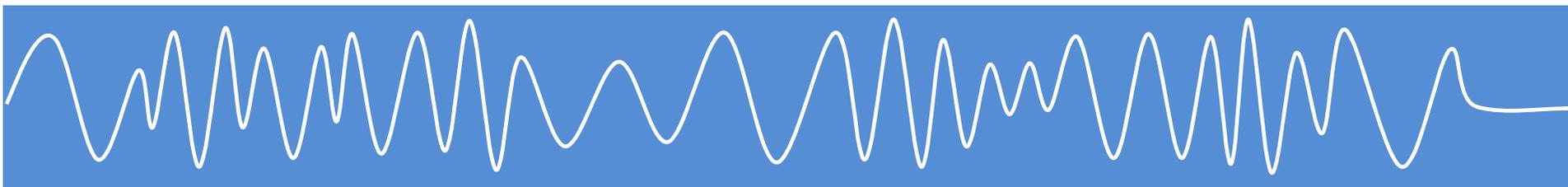
A : simple dérivation

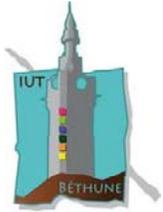


B : coupure d'artère



C : double dérivation





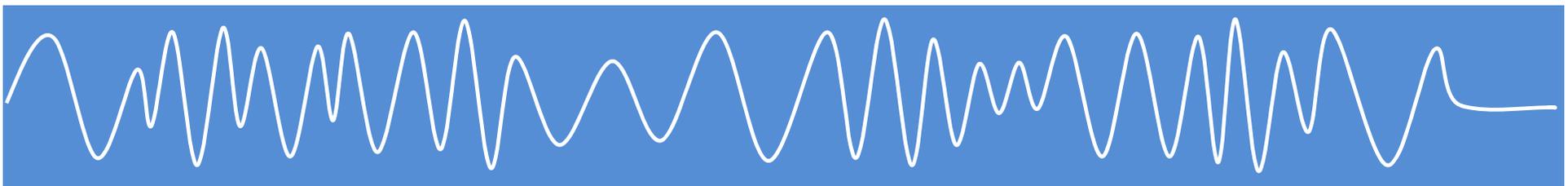
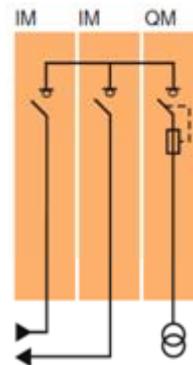
3) Tarifification:

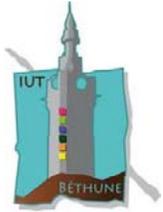
- 3.3.2) Tarif vert – Le poste de livraison à comptage BT:



- La norme NF C 13-100 définit le poste HTA à comptage BT par :

- Une tension de 1 à 33kV (valeur usuelle 20kV).
- Un seul transformateur.
- Un courant secondaire au plus égal à 2000A soit une puissance maximale $P \leq 1250\text{kVA}$ sous 20kV.
- Un comptage BT fournit par le distributeur d'énergie.
- Le raccordement au réseau MT se fera soit par 2 interrupteurs (cellule IM) dans le cas d'un réseau en boucle, soit par 2 interrupteurs verrouillés (cellule DDM) dans le cas d'un réseau en double dérivation.
- Une protection transformateur par combiné interrupteur fusible (cellule QM).





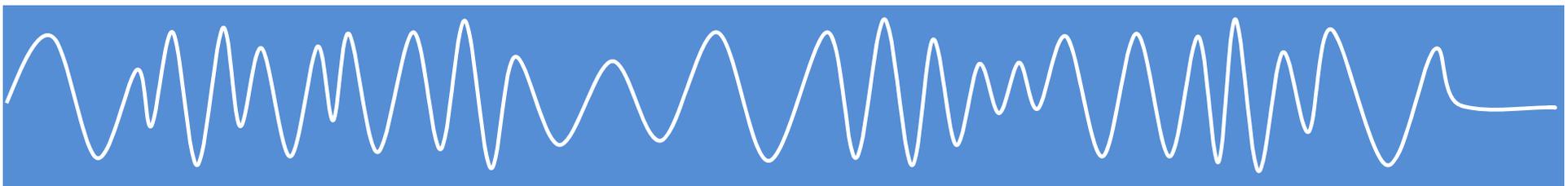
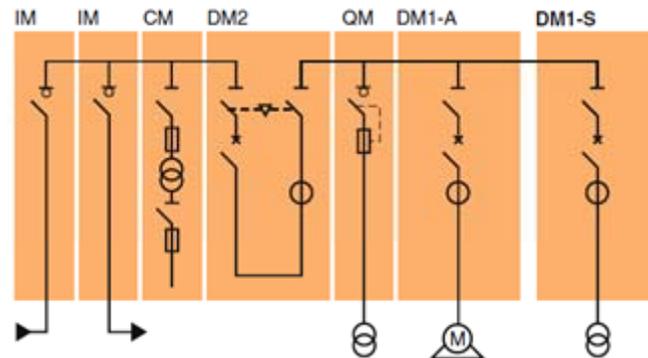
3) Tarifification:

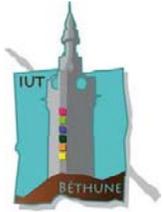
- 3.3.3) Tarif vert – Le poste de livraison à comptage MT:



- La norme NF C 13-100 définit le poste HTA à comptage HTA par :

- Une tension de 1 à 33kV (valeur usuelle 20kV).
- Soit par un transformateur avec courant secondaire > 2000A, soit une puissance maximale $P \geq 1250\text{kVA}$ sous 20kV, soit plusieurs transformateurs.
- Un comptage MT (cellule CM et DM).
- Le raccordement au réseau MT se fera soit par 2 interrupteurs (cellule IM) dans le cas d'un réseau en boucle, soit par 2 interrupteurs verrouillés (cellule DDM) dans le cas d'un réseau en double dérivation.
- Une ou plusieurs protections transformateur par combiné interrupteur fusible (cellule QM).





3) Tarifification:

- 3.3.4) Tarif vert – Choix du transformateur MT / BT:



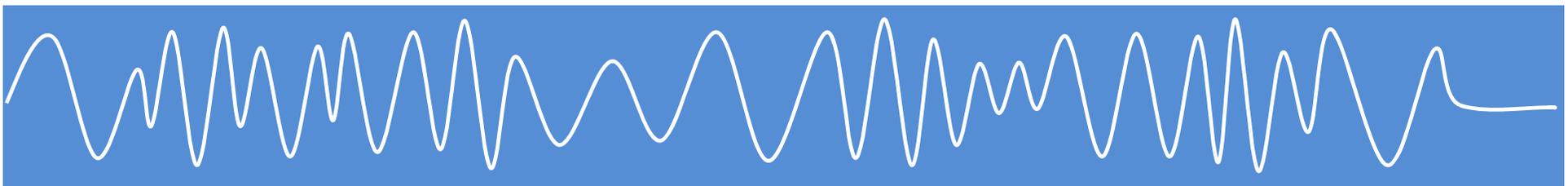
- Un transformateur est défini par:

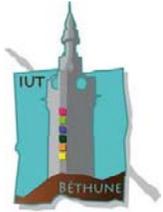
- ses caractéristiques électriques.
- sa technologie.
- ses conditions d'utilisation.

- Connaissant la puissance d'installation, un dimensionnement approprié du transformateur peut être déterminé en tenant compte des possibilités d'amélioration du facteur de puissance, des extensions prévisibles de l'installation, des contraintes d'installation, des puissances nominales existantes.

- Les caractéristiques électriques d'un transformateur sont définis par:

- S_n en kVA
- Rapport de transformation m
- Isolement des enroulements
- Rendement η
- Tension primaire – tension secondaire
- Pertes joule et pertes fer (hystérésis et courants de Foucault)
- Couplage des enroulements
- Pertes mécaniques





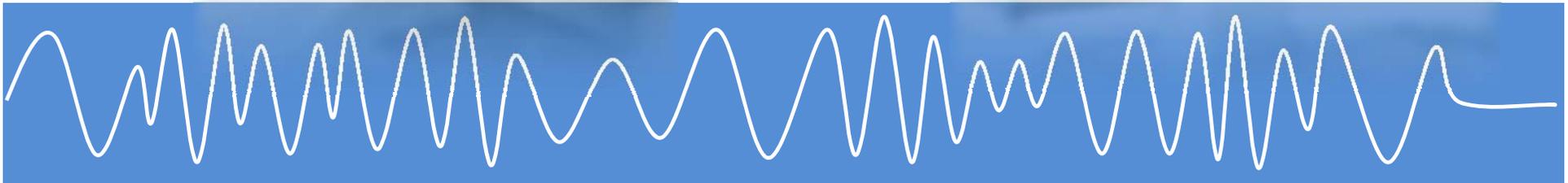
3) **Tarifcation:**

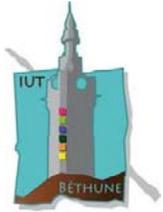
- 3.3.4) **Tarif vert – Choix du transformateur MT / BT:**



- Il est possible de choisir entre 2 technologies :

- Le transformateur immergé dans l'huile minérale. Le diélectrique liquide est inflammable et impose l'utilisation d'un dispositif de Détection de Gaz, de Pression et de Température (DGPT).
- Le transformateur sec enrobé. L'isolation des enroulements est réalisée par de la résine. La surveillance de la température des enroulements est réalisée par une sonde thermique.





4) Distribution Basse Tension:

- 4.1) Les tableaux de distribution:



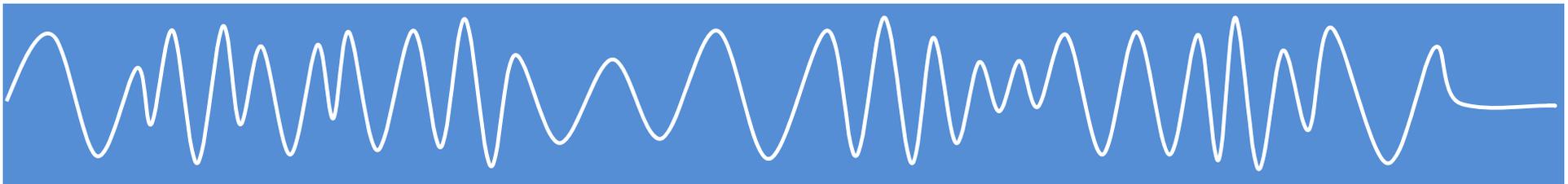
- Un tableau de distribution est le point d'entrée de l'énergie électrique pour l'installation BT. Le circuit d'arrivée se divise en plusieurs circuits, chacun de ces circuits est commandé et protégé par l'appareillage installé dans le tableau.

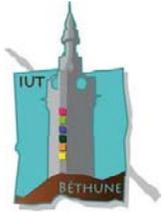
- L'enveloppe du tableau de distribution assure une double protection :

- La protection de l'appareillage contre les chocs mécaniques, les vibrations et les autres influences externes (poussières, interférences électromagnétiques, etc.).
- La protection des personnes contre les risques de contacts directs et de contacts indirects.

- La norme CEI 60 439 donne les prescriptions à suivre afin d'améliorer la sûreté de fonctionnement des tableaux en définissant :

- Les unités fonctionnelles.
- Les formes de séparation des unités fonctionnelles en accord avec les besoins utilisateur.
- Les essais de type.





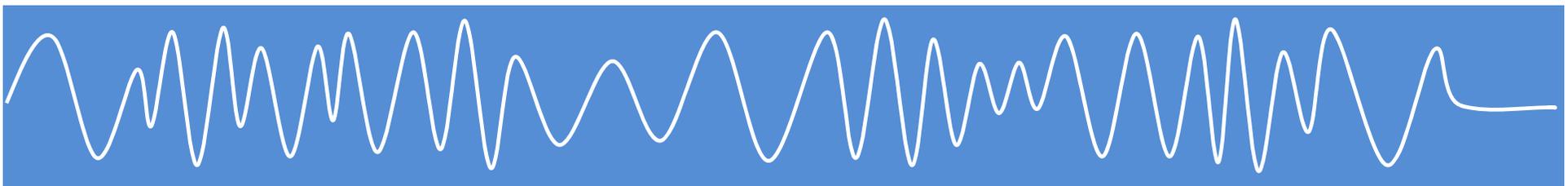
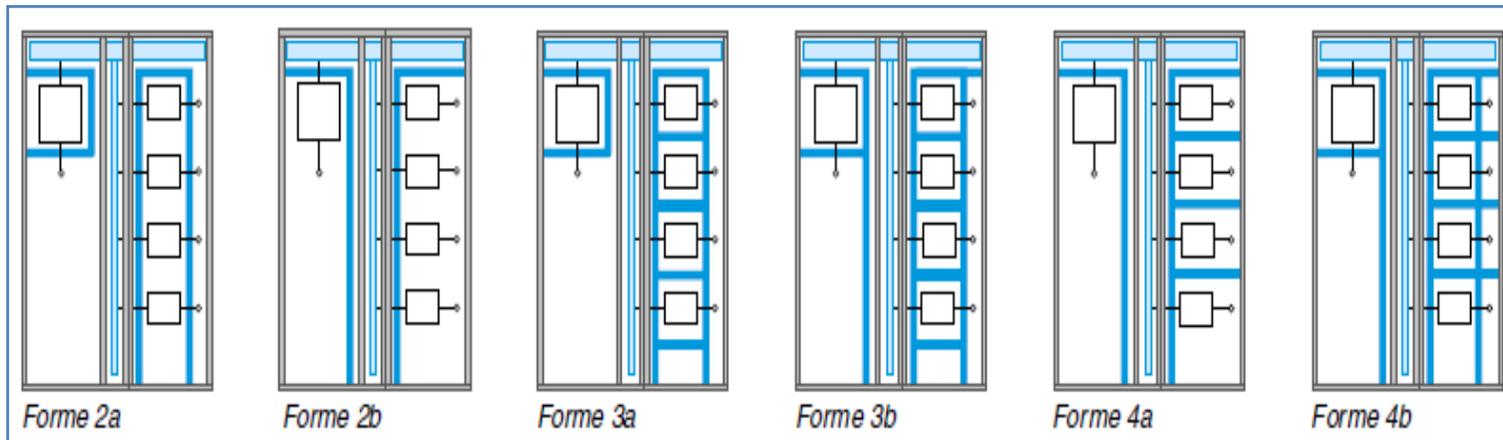
4) Distribution Basse Tension:

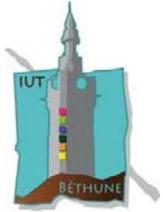
- 4.1) Les tableaux de distribution:



La séparation des unités fonctionnelles à l'intérieur de l'ensemble permet d'accéder à une unité fonctionnelles sans risque pour les personnes et pour les unités voisines. On distingue 4 formes :

- **Forme 1: aucune séparation.**
- **Forme 2: séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles.**
- **Forme 3: séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles et des unités fonctionnelles entre elles.**
- **Forme 4: séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles y compris leurs bornes de sortie.**





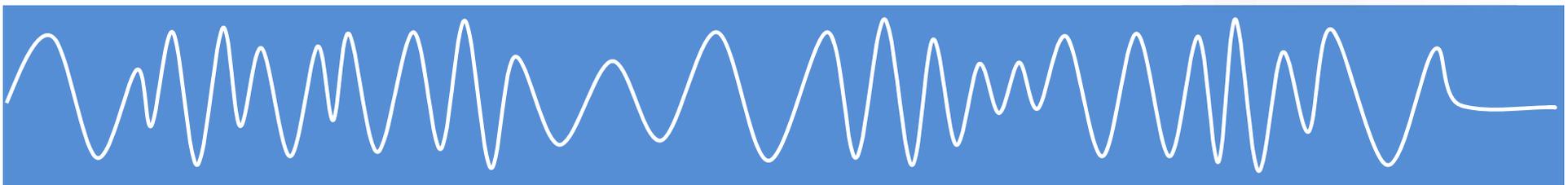
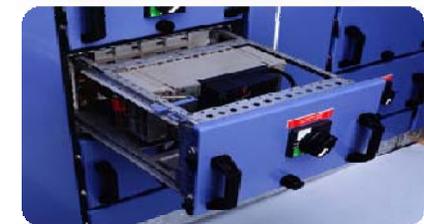
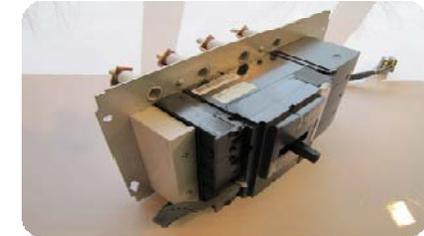
4) Distribution Basse Tension:

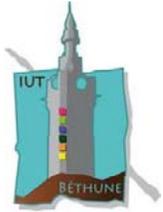
- 4.1) Les tableaux de distribution:



- 3 technologies de bases sont utilisées pour réaliser les unités fonctionnelles :

- Les unités fonctionnelles fixes: aucune intervention de maintenance n'est possible sans procéder au préalable à la mise hors tension du tableau.
- Les unités fonctionnelles déconnectables: montée sur une platine amovible et équipée d'un dispositif de sectionnement amont/aval. L'unité complète peut être retirée sans procéder à la coupure du tableau.
- Les unités fonctionnelles débrochables en tiroir: le sectionnement électrique et mécanique, en amont et en aval de la fonction est assuré par le débrochage complet en tiroir permettant un remplacement rapide sans mise hors tension au préalable du tableau.





4) Distribution Basse Tension:

- 4.1) Les tableaux de distribution:

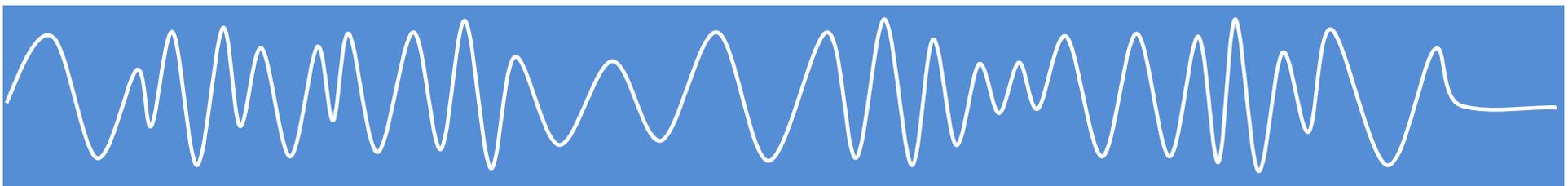


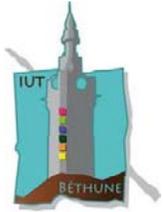
- L'implantation des matériels à l'intérieur du tableau nécessite une étude minutieuse prenant en compte l'encombrement de chaque matériel, les raccordements à réaliser et les distances de sécurité à respecter éviter les dysfonctionnements.

- L'existence de différents types de tableaux se différencient par le type d'application et par leur principe de réalisation.

- On distingue :

- Le Tableau Général Basse Tension (TGBT)
- Les Armoires ou Tableaux Divisionnaires (AD ou TD)
- Les coffrets terminaux





5) Chemins de câbles et conduits:

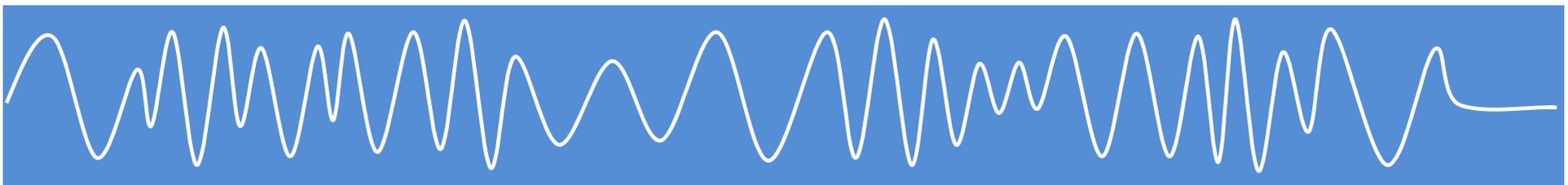
- 5.1) Distribution des chemins de câbles:

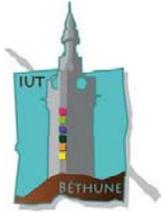


- Les chemins de câbles sont employés pour le supportage, la distribution et la protection mécanique des câbles. Leur mise en œuvre est dépendante des normes suivantes:

NORMES	DESIGNATION
CEI 61 537	Systemes de chemins de câbles et systemes d'échelle à câbles pour installations électriques.
NF C 15-100	Installations électriques Basse Tension.
UTE C 15-900	Installations électriques BT – Mise en œuvre et cohabitation des réseaux de puissance et des réseaux de communication dans les installations des locaux d'habitation du tertiaire et analogue.
UTE C 15-520	Installations électriques BT – Canalisations, mode de pose, connexion.
UTE C 15-103	Installations électriques BT – Choix des matériels en fonction des influences externes.

- En fonction des contraintes environnementales (et des exigences du client), l'installateur portera une attention particulière sur la composition chimique des chemins de câbles à employer: acier Galvanisé à Chaud avant ou après fabrication, acier inoxydable ou PVC.





5) Chemins de câbles et conduits:

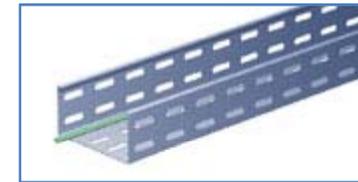
- 5.1) Distribution des chemins de câbles:



- 2 types de chemins de câbles:

➤ dalle perforée:

- bonne résistance mécanique
- utilisée pour la distribution principale (câbles grosse section)
- bonne immunité aux perturbations électromagnétiques



➤ Cablofil:

- bon contrôle visuel des câbles
- Utilisé pour la Fibre Optique et les câbles CFA
- Bonne immunité aux perturbations électromagnétiques

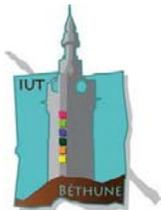


- On recommande pour les chemins de câbles de nature différente (CFO ou CFA) une distance de séparation > 30cm.

- Dans le cas de croisements de chemins de câbles de nature différentes, ces derniers devront s'effectuer à angle droit.

- **Attention: on recommande de laisser 20 à 30% de réserve pour les futures extensions.**





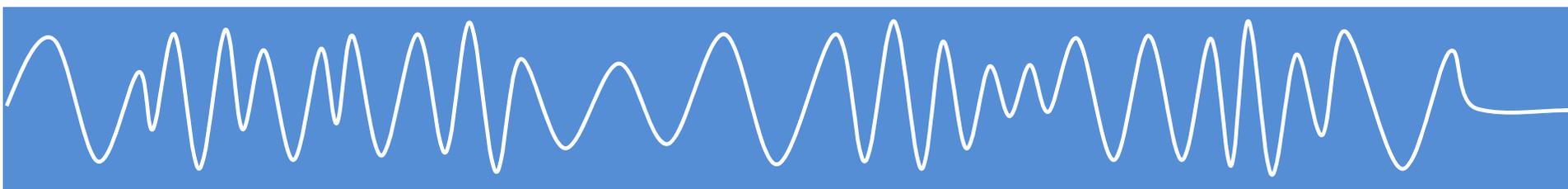
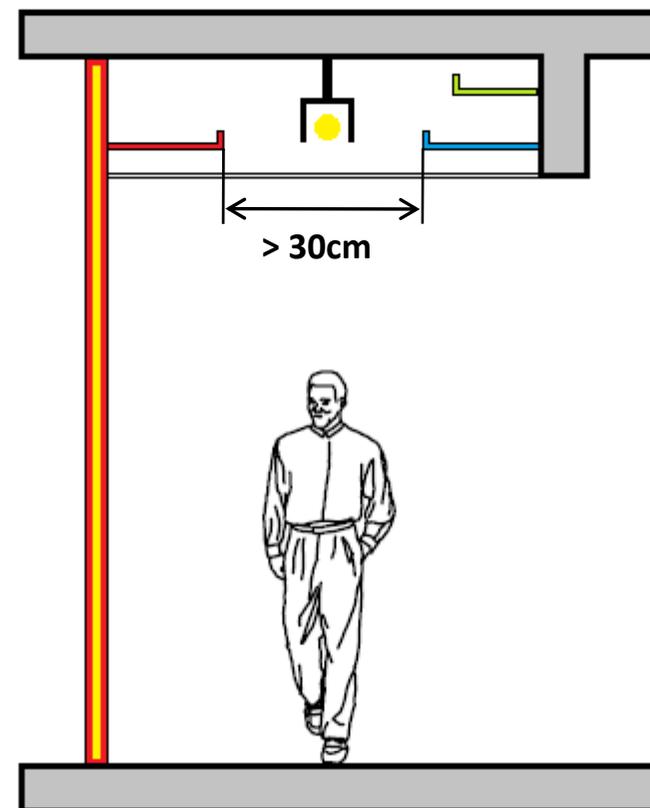
5) Chemins de câbles et conduits:

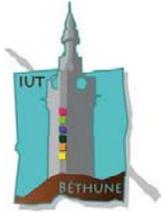
- 5.1) Distribution des chemins de câbles:



- Cas pratique d'une circulation d'un bâtiment tertiaire comprenant une distribution:

- Courants Forts (CFO) en rouge
 - Dalle perforée largeur 300mm
- Courants Faibles (CFA) en bleu
 - Dalle perforée largeur 300mm
- Fibres Optiques (FO) en vert
 - Cablofil largeur 250mm





5) Chemins de câbles et conduits:

- 5.2) Distribution des conduits:



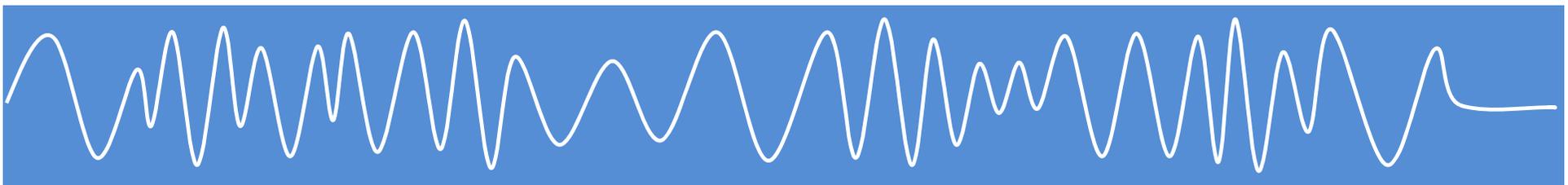
- Les normes NF C 15-100 et EN 50 086 donnent les règles d'emploi des conduits destinés au supportage, à la distribution et à la protection mécanique des câbles et conducteurs.

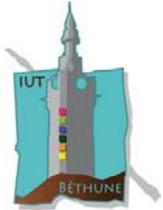
- Codification des conduits:



- Quelques exemples:

Désignation normalisée	Désignation usuelle	Utilisation
<u>I</u> solant <u>R</u> igide <u>L</u> isse	IRL - 3321	En apparent
<u>I</u> solant <u>C</u> intrable <u>T</u> ransversalement élastique <u>L</u> isse	ICTL - 3421	En encastré dans cloisons béton
<u>I</u> solant <u>C</u> intrable <u>A</u> nnelé	ICA - 3321	En encastré dans cloisons creuses
<u>I</u> solant <u>C</u> intrable <u>T</u> ransversalement élastique <u>A</u> nnelé	ICTA - 3422	En encastré dans cloisons béton





5) chemins de câbles et conduits:

- 5.2) Distribution des conduits:

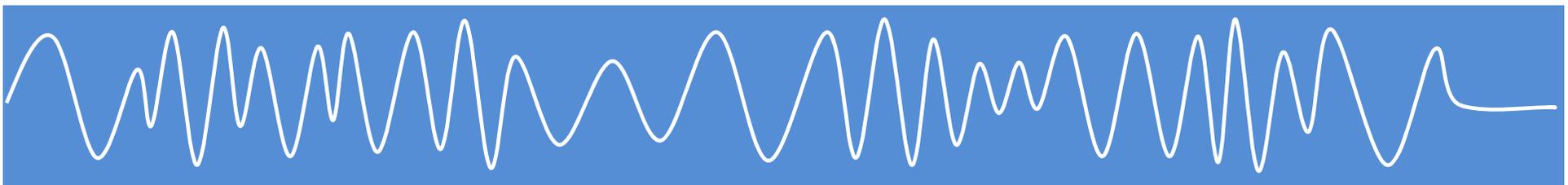


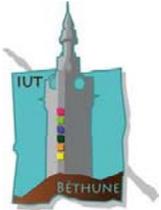
- Codification des conduits:



L1 Prop. élec	L2 R flexion	L3 Surface	C1 R écrasement	C2 R chocs	C3 T° mini	C4 T° maxi
<u>I</u> solant	<u>R</u> igide	<u>L</u> isse	1: 125N – très léger	1: 0,5J – très léger	1: +5°C	1: +60°C
<u>C</u> omposite	<u>C</u> intrable	<u>A</u> nnelé	2: 320N - léger	2: 1J - léger	2: -5°C	2: +90°C
<u>M</u> étallique	<u>T</u> ransv. élastique		3: 750N - moyen	3: 2J - moyen	3: -15°C	3: +105°C
	<u>S</u> ouple		4: 1250N - élevé	4: 6J - élevé	4: -25°C	4: +120°C
			5: 4000N – très élevé	5: 20J – très élevé	5: -45°C	5: +150°C
						6: +250°C
						7: +400°C

- L'encombrement des conducteurs et câbles ne doit pas dépasser le 1/3 de la section interne du conduit.





ET3 – RESEAUX

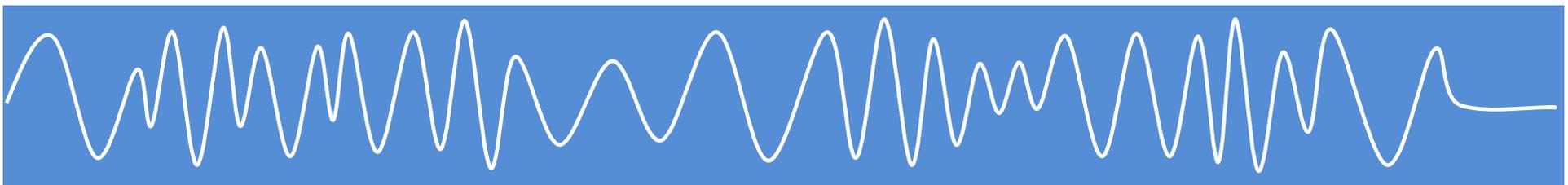
5) Chemins de câbles et conduits:

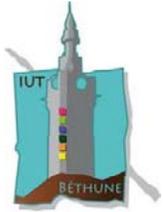
- 5.3) Exemple:



UNIVERSITÉ D'ARTOIS

- Exemple:



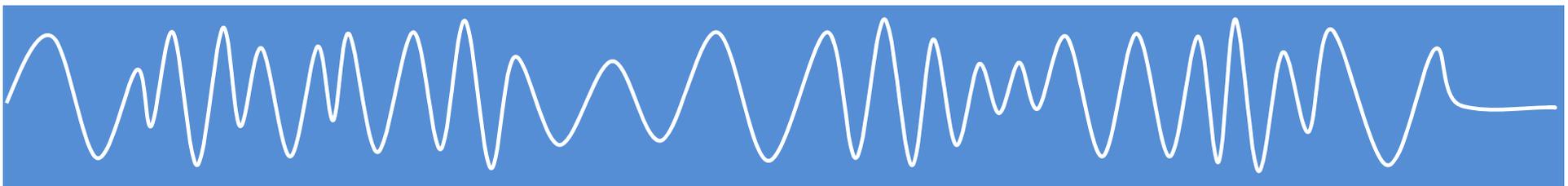


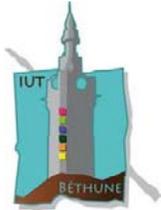
5) Chemins de câbles et conduits:

- 5.4) Distribution des goulottes:



- Les systèmes de goulottes sont définis par les normes NF C 15-100 et NF C 68-104.
- Ils permettent la distribution des câbles et la fixation des appareillages . Les goulottes sont particulièrement bien adaptées pour les espaces de travail.
- Les goulottes bénéficient d'une séparation entre les courants forts et les courants faibles.
- Leur installation est rapide et esthétique sagissant d'un montage en apparent sur tout type de paroi (béton, plaque de plâtre, placostil, etc...).
- Les systèmes de goulotte rendent les espaces de travail très modulaires et permettent une reconfiguration rapide des postes.





6) Câbles et conducteurs isolés:

- 6.1) Présentation:



- Définition:

➤ Conducteur isolé:

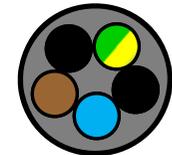
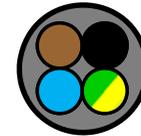
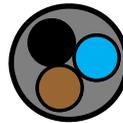
- une âme conductrice
- une enveloppe isolante
- ses écrans éventuels

➤ Câble:

- des conducteurs isolés
- une protection d'assemblage
- un ou plusieurs revêtements ou gaines de protection éventuels

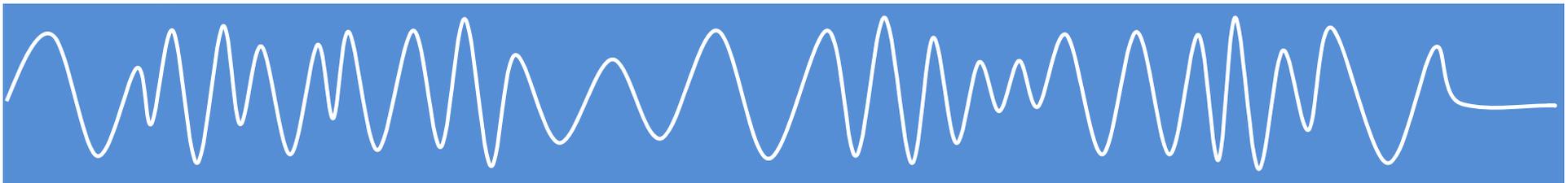
- Chaque conducteur isolé est repéré par un code de couleur:

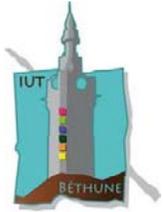
- La Phase     
- Le Neutre 
- La Terre 



- Les organismes de normalisation CENELEC et UTE définissent les normes à appliquer pour chaque type de câble:

- Câble U1000R2V définit par la NF C 32-321 (dénomination UTE)
- Câble H07 RNF définit par la NF C 32-102-4 (dénomination CENELEC)
- Etc...





6) Câbles et conducteurs isolés:

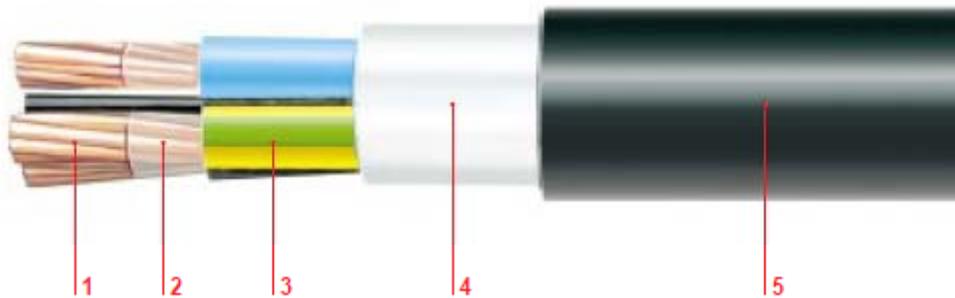
- 6.1) Présentation:



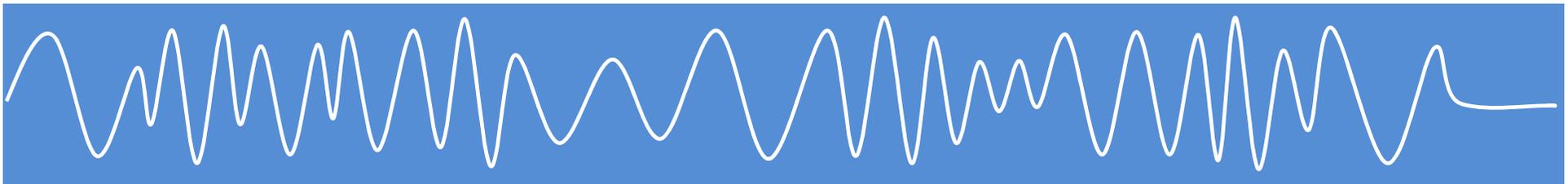
- Un câble se caractérise par les propriétés suivantes:

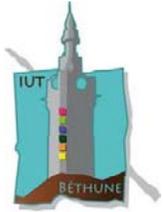
- Tension nominale
- Nature et souplesse de l'âme
- Nature de l'enveloppe isolante
- Nature des gaines
- Revêtement de protection
- Forme du câble
- Nombre de conducteurs isolés
- Section des conducteurs isolés ou du câble

- Exemple: câble U – 1000 R2V



1. âme en Cu nu massif
2. ruban séparateur
3. enveloppe isolante (Polyéthylène Réticulé)
4. gaine de bourrage
5. gaine de protection



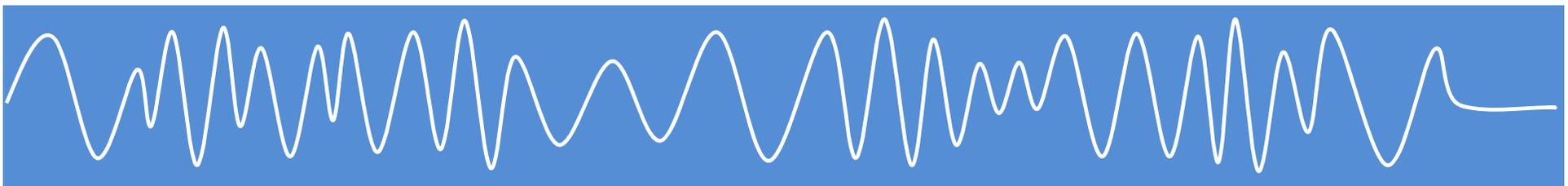


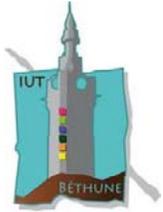
6) Câbles et conducteurs isolés:

- 6.2) Dénomination des câbles UTE:



Normalisation	U: normalisé			
Tension nominale	250 – 500 – 1000 Volts			
Nature et souplesse de l'âme	S (après la tension câble souple)	Pas d'indication: âme rigide en Cu		A : aluminium
Nature de l'enveloppe isolante et ou des gaines	B: caoutchouc butyle vulcanisé	C: caoutchouc vulcanisé	E: polyéthylène	J: papier imprégné
	K: caoutchouc silicone	N: polychloroprène	R: polyéthylène réticulé	V: polychlorure de vinyle
Gaine de bourrage sur assemblage	G: matière élastique formant gaine de bourrage	O: aucun bourrage	1: gaine d'assemblage et de protection formant bourrage	2 ou 3: avant le symbole d'une gaine ou d'une enveloppe: épaisse ou très épaisse
Revêtement de protection	P: plomb		F: feuillard ou fils d'acier	Z: zinc ou autre métal
Forme du câble	Pas d'indication: forme ronde		M: câble méplat	





6) Câbles et conducteurs isolés:

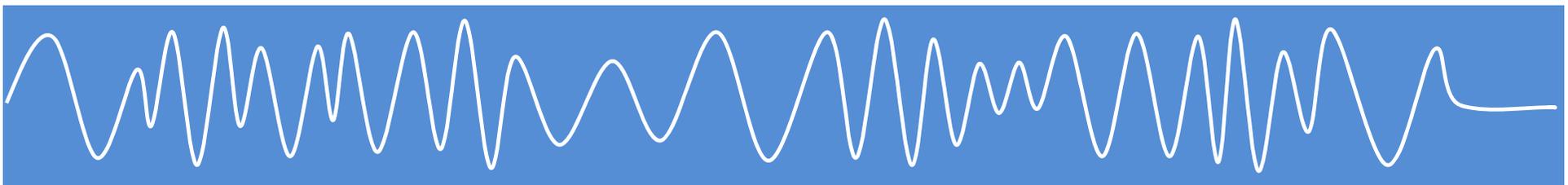
- 6.3) Chute de tension dans un câble:

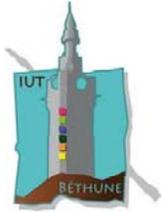


- L'impédance d'une canalisation est faible mais non nulle : lorsqu'elle est traversée par le courant d'emploi, il y a chute de tension entre son origine et son extrémité. Or le bon fonctionnement d'un récepteur est conditionné par la tension à ses bornes.
- Il est donc nécessaire de limiter les chutes de tension en ligne par un dimensionnement correct des canalisations d'alimentation. La limite maximale de la chute de tension varie d'un pays à l'autre. Les valeurs typiques des installations BT sont données par le tableau suivant (NFC 15-100) :

Type d'installation	Eclairage	Autres usages
Alimentation depuis le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par un poste privé MT/BT	6%	8%

- Lorsque la chute de tension est supérieure aux valeurs du tableau ci-dessus, il est nécessaire d'augmenter la section de certains circuits afin de revenir dans les domaines de tolérance.





6) Câbles et conducteurs isolés:

- 6.3) Chute de tension dans un câble:



- Les formules permettant de calculer la chute de tension dans un circuit sont données par :

Circuit	Chute de tension (V)
Monophasé	$\Delta U = 2 \cdot I_B \cdot (R \cos\varphi + X \sin\varphi) \cdot L$
Triphasé	$\Delta U = 3^{1/2} \cdot I_B \cdot (R \cos\varphi + X \sin\varphi) \cdot L$

- I_B le courant d'emploi en Ampère
- L la longueur du câble en km
- R la résistance linéique en Ω/km
- X la réactance linéique en Ω/km

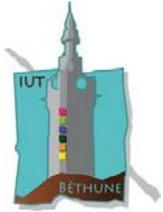
- Résistance d'un conducteur: $R_c = \frac{\rho \cdot L}{S}$

- R_c la résistance du conducteur en Ω à 20°C
- L la longueur du conducteur en m
- ρ la résistivité du métal en $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- S la section du conducteur en mm^2

- Résistance du Cuivre: $R = \frac{22,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{Km}}{S}$

- Résistance de l'Aluminium: $R = \frac{36 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{Km}}{S}$





6) Câbles et conducteurs isolés:

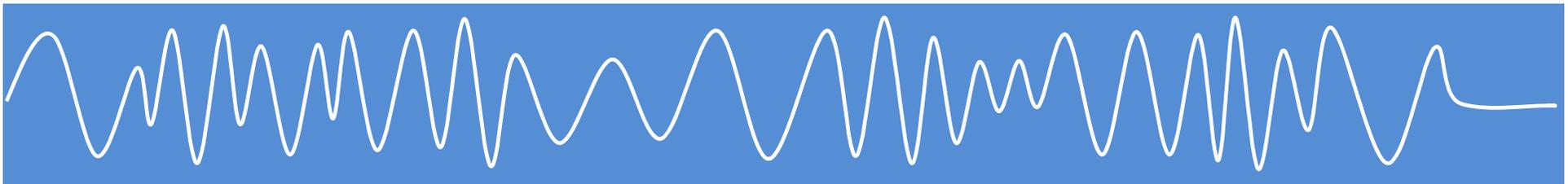
- 6.3) Calcul de la section d'un câble:

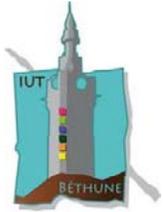


- La section S d'un câble est obtenue à partir des abaques constructeur donnant $S(I_2')$, I_2' étant l'intensité fictive déterminé par la formule suivante:

$$I_2' = \frac{I_2}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}$$

- I_2 la valeur normalisé du courant nominal I_N que le conducteur peut véhiculer
- K_1 le facteur de correction permettant de tenir compte de l'influence du mode de pose du conducteur
- K_2 le facteur de correction permettant de tenir compte de l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte
- K_3 le facteur de correction permettant de tenir compte de l'influence de la température ambiante





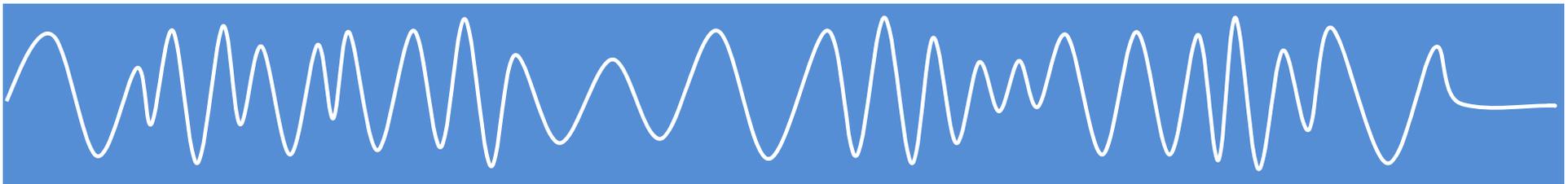
7) Fonctions de base des appareillages électriques BT:

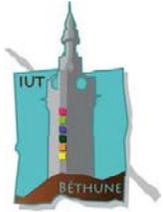
- 7.1) Introduction:



- Les principales fonctions des appareillages électriques BT et définies par la NF C 15-100 sont les suivantes:

- **la protection électrique** contre
 - les courants de surcharge
 - les courants de court-circuit
 - les défauts d'isolement
- **le sectionnement**
 - à coupure pleinement apparente
 - à coupure visible
- **la commande**
 - la coupure d'urgence
 - la coupure pour entretien mécanique
 - la commande fonctionnelle





7) Fonctions de base des appareillages électriques BT:

- 7.2) Le disjoncteur magnéto-thermique:



- Le disjoncteur magnéto-thermique est le seul dispositif capable de remplir simultanément toutes les fonctions d'un appareillage électrique BT. Il assure également un grand nombre d'autres fonctions au moyen d'équipements auxiliaires (la signalisation, la mesure, etc...).

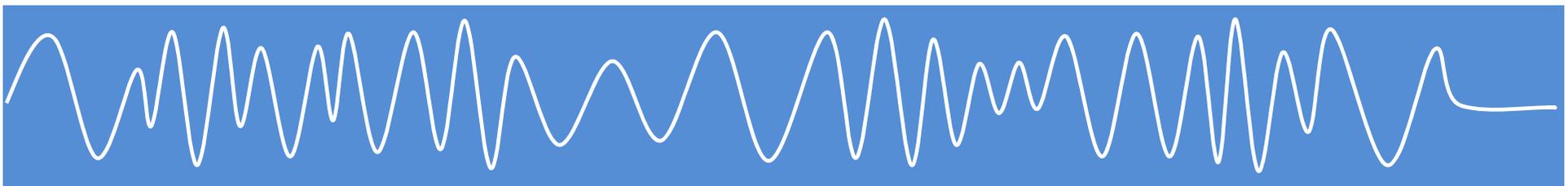
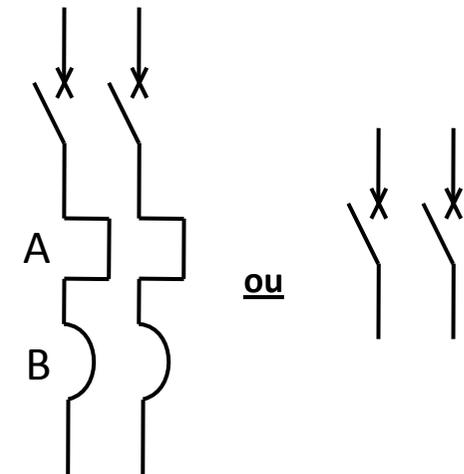
- Un disjoncteur est un appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre un courant dans un circuit électrique.

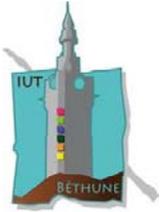
- Les disjoncteurs doivent satisfaire à la réglementation suivante:

- CEI 60 898 pour les disjoncteurs domestiques
- CEI 60 947 pour les disjoncteurs industriels

- **Un disjoncteur protège l'installation contre:**

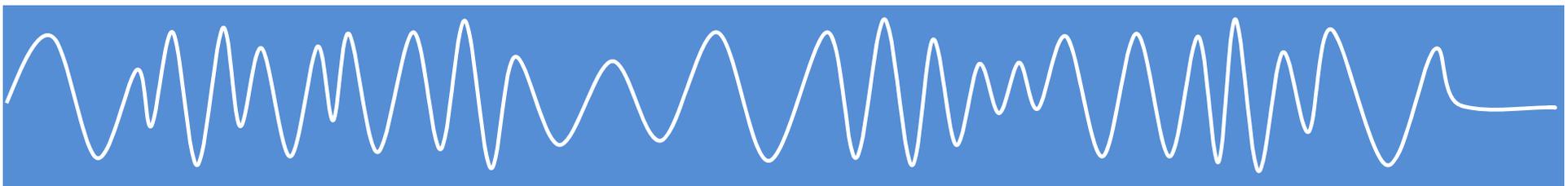
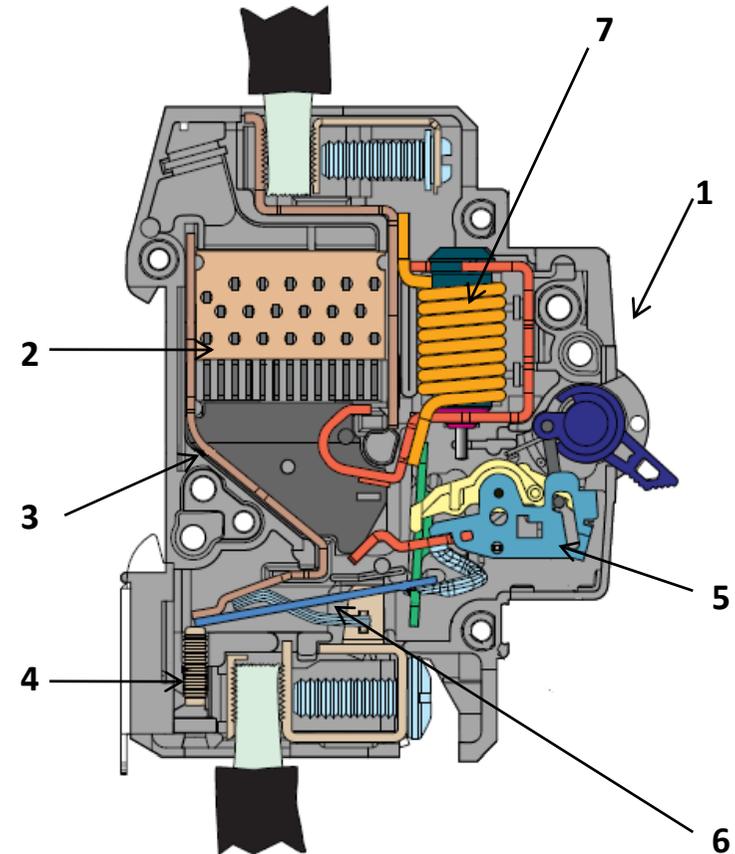
- **les surcharges (action du déclencheur thermique [A])**
- **les surintensités (action du déclencheur magnétique [B])**

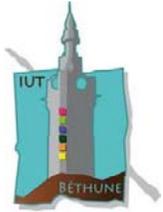




- Constitution d'un disjoncteur ("dossier d'étude: le disjoncteur div. HAGER")

- pièces d'enveloppes:
 - coquille (1)
 - couvercle
- pièces spécifiques:
 - Chambre de coupure (2)
 - Tôle d'arc (3)
 - Vis de réglage (4)
 - sous-ensemble serrure (5)
- Ensembles variables:
 - Sous-ensemble thermique (6)
 - Sous-ensemble magnétique (7)





7) Fonctions de base des appareillages électriques BT:

- 7.2) Le disjoncteur magnéto-thermique:

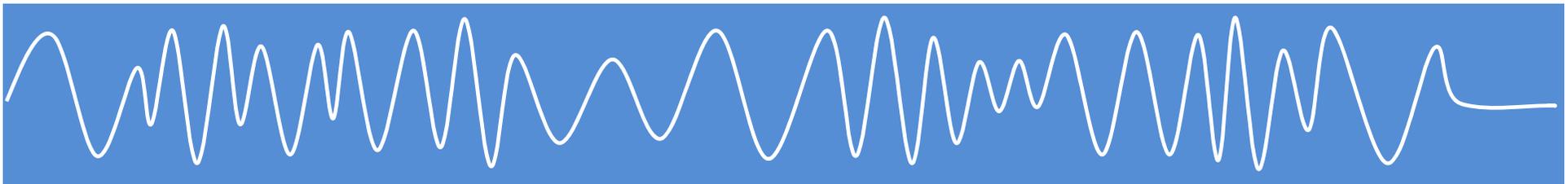
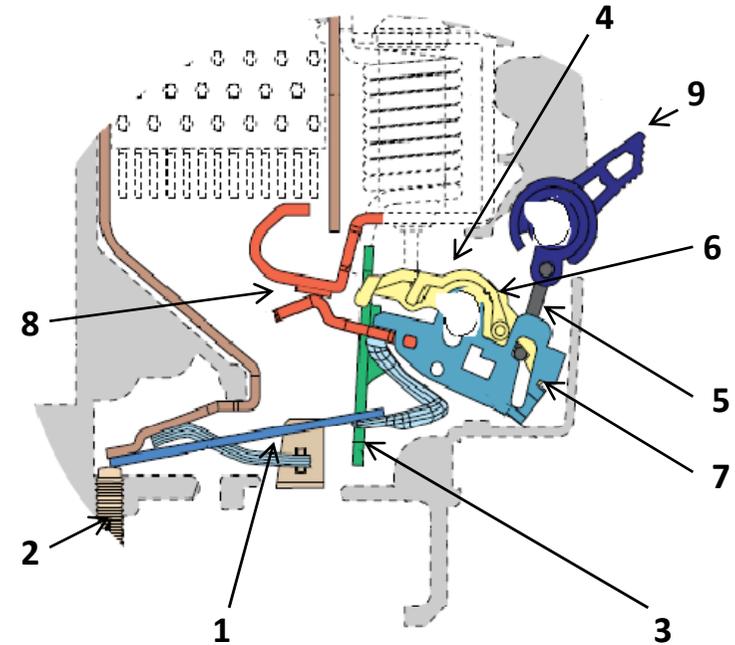


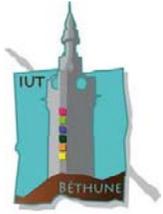
- Fonctionnement du déclencheur thermique (["dossier d'étude: le disjoncteur div. HAGER"](#))

➤ **En condition de surcharge**, l'échauffement significatif fonction de l'intensité provoque le déclenchement grâce à un élément thermo-mécanique: le bilame.

➤ La dilatation du bilame provoque:

- La descente de l'entraîneur (3)
- La rotation du déclencheur (4)
- La libération de la biellette de son encoche (5)
- La descente du ressort de contact (6)
- La rotation du sous-ensemble serrure (7)
- L'ouverture des contacts (8)
- Le déplacement de la manette (9)



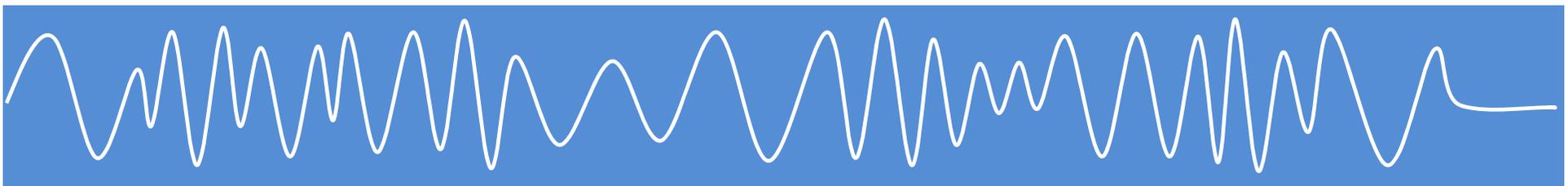
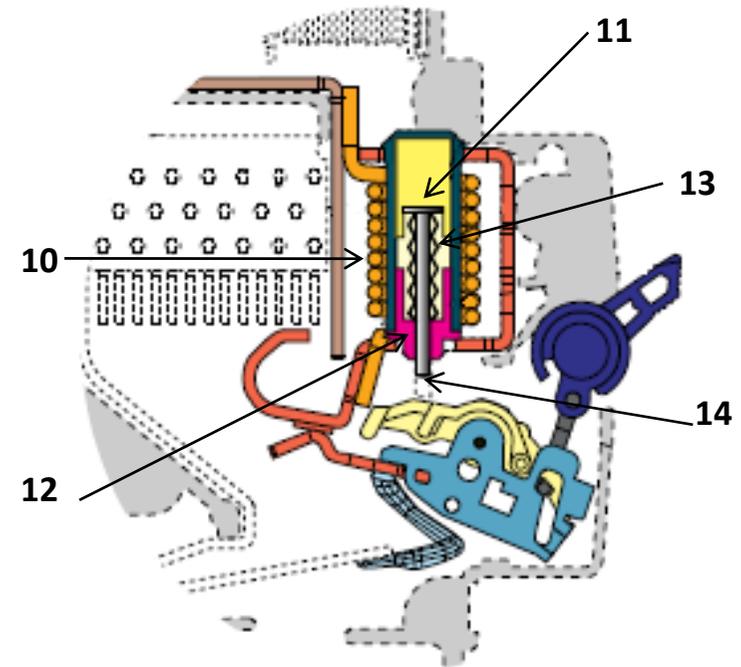


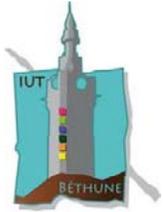
- Fonctionnement du déclencheur magnétique (["dossier d'étude: le disjoncteur div. HAGER"](#))

➤ **En condition de court-circuit**, à partir d'une certaine intensité, le déclenchement est assuré quasi-instantanément par un circuit magnétique qui actionne un noyau.

➤ Le champ magnétique résultant du court-circuit provoque:

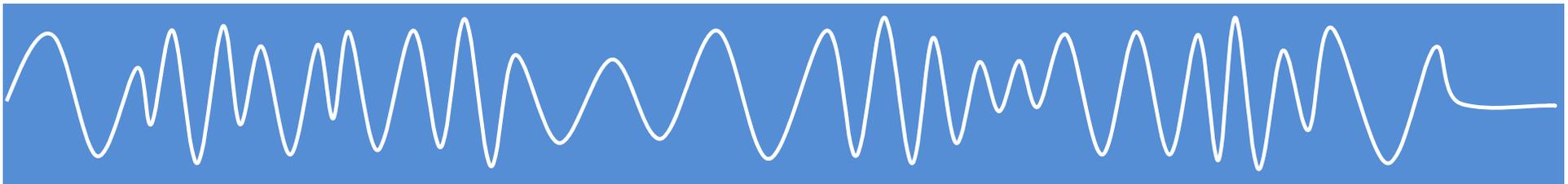
- L'attraction du noyau mobile (11) vers le noyau fixe (12)
- La compression du ressort calibré (13)
- Le déplacement du percuteur (14)
- La rotation du déclencheur (4)

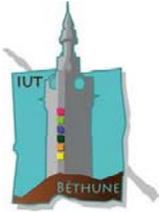




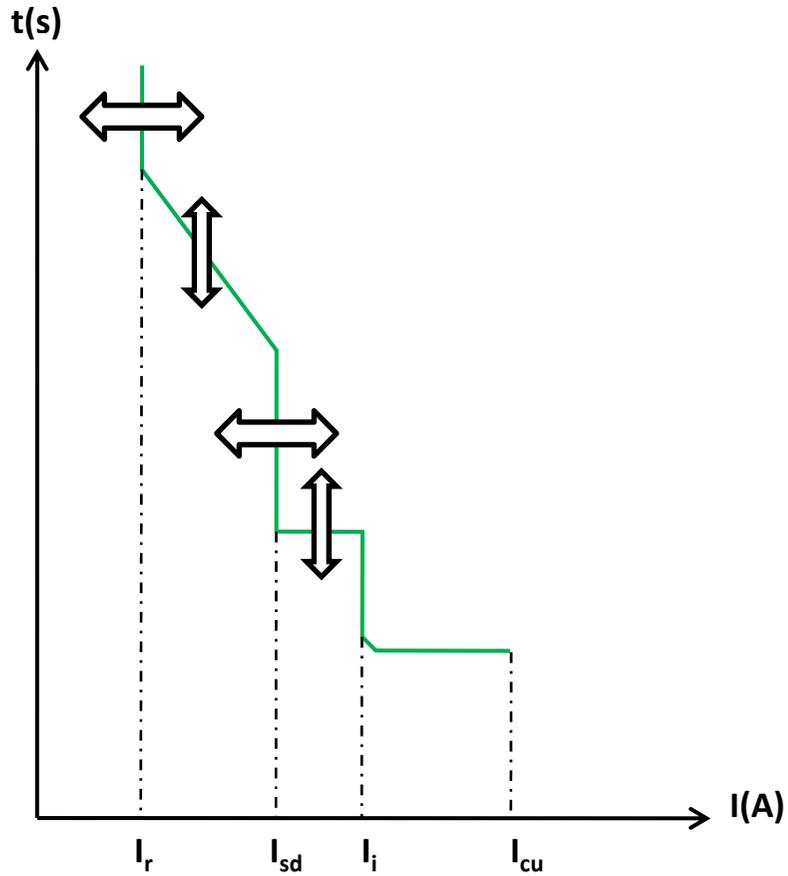
- Caractéristiques fondamentales:

- **Tension d'emploi U_e**
 - c'est la tension pour laquelle le disjoncteur a été conçu pour fonctionner dans des conditions normales de performances.
- **Courant assigné I_n**
 - C'est la valeur maximale de courant qu'un disjoncteur équipé d'un déclencheur de protection contre les surintensités peut conduire indéfiniment pour une T° spécifié, sans échauffement excessif des parties conductrices.
- **Courant de réglage des déclencheurs**
 - I_r ou I_{rth} correspond au seuil de réglage de la protection long retard (thermique).
 - I_m ou I_{sd} correspond au seuil de réglage de la protection court retard (magnétique).
- **Pouvoir de coupure assigné en court-circuit I_{cu}**
 - Valeur du courant de défaut maximal que le disjoncteur est capable de couper sans être endommagé.

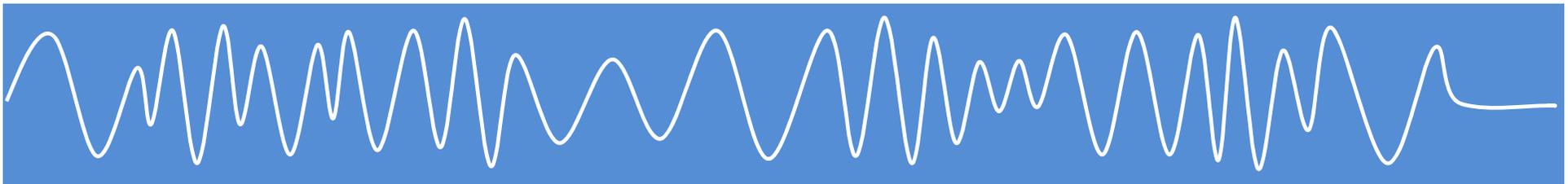
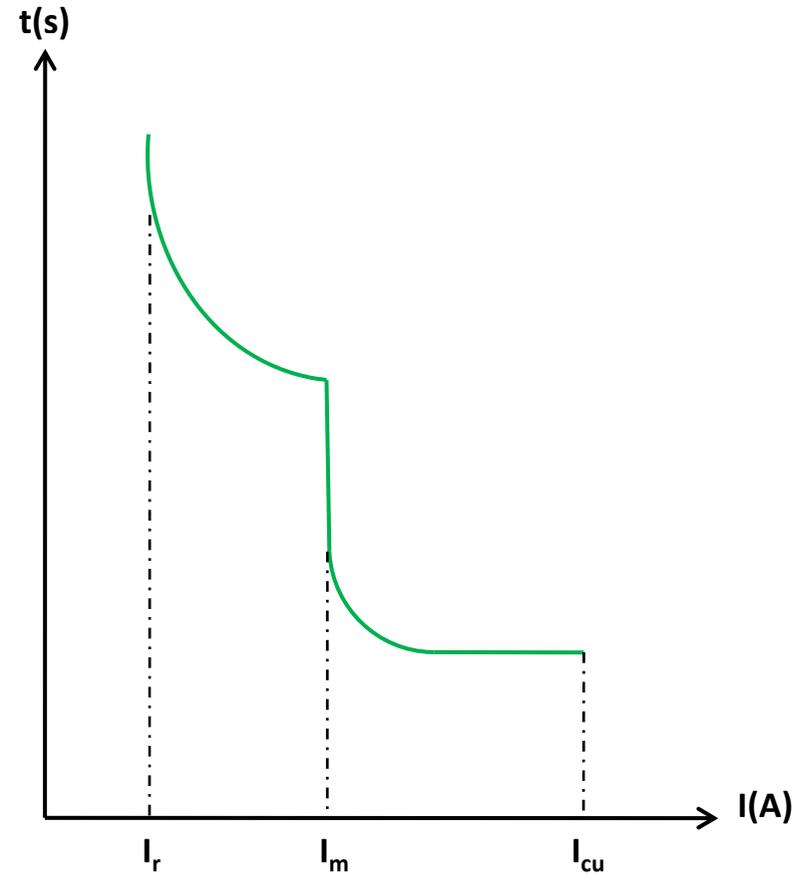


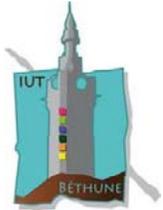


- Courbe t(I) type d'un disjoncteur électronique:



- Courbe t(I) type d'un disjoncteur magnéto-thermique:



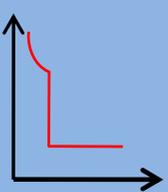
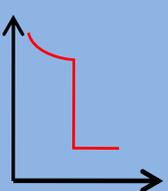
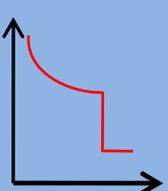


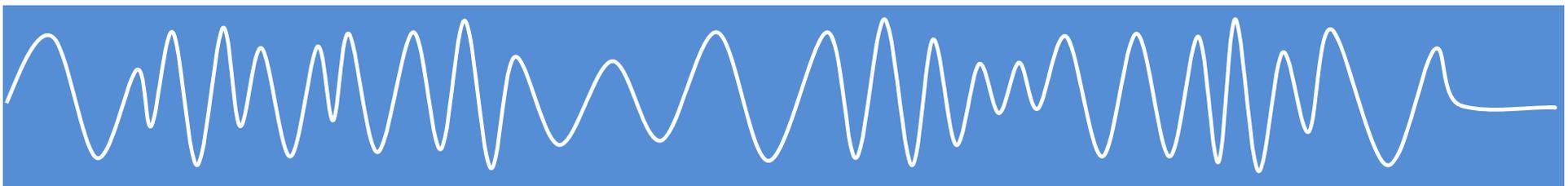
7) Fonctions de base des appareillages électriques BT:

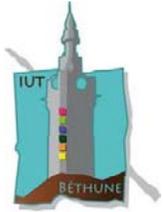
- 7.2) Le disjoncteur magnéto-thermique:



- Choix d'un disjoncteur en fonction de sa courbe de déclenchement court-retard (magnétique)

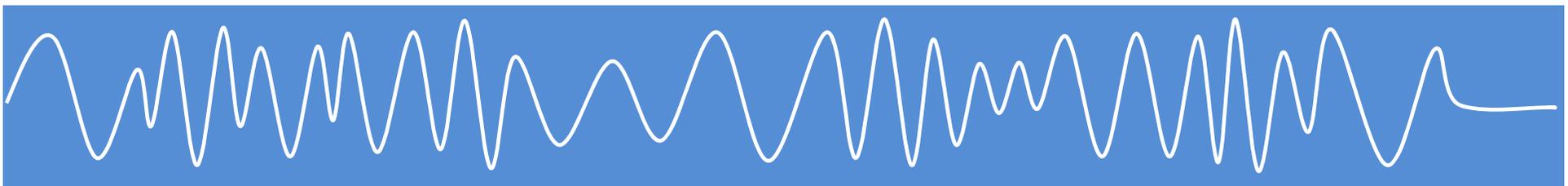
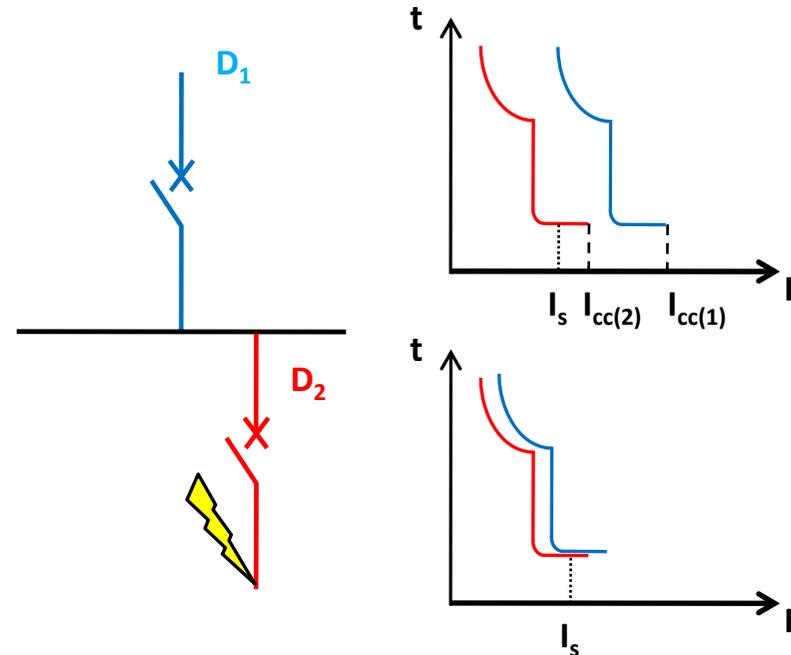
Type	Déclencheur	Applications	Disj. domestique	Disj. industriel
	<ul style="list-style-type: none"> Seuil bas Type B 	<ul style="list-style-type: none"> Sources à faible puissance de court-circuit Grandes longueurs de câbles 	$3.I_n \leq I_m \leq 5.I_n$	$3,2.I_n \leq I_m \leq 4,8.I_n$
	<ul style="list-style-type: none"> Seuil standard Type C 	<ul style="list-style-type: none"> Protection des circuits : cas général 	$5.I_n \leq I_m \leq 10.I_n$	$7.I_n \leq I_m \leq 10.I_n$
	<ul style="list-style-type: none"> Seuil haut Type D 	<ul style="list-style-type: none"> Protection des circuits en présence de fort courant d'appel 	$10.I_n \leq I_m \leq 14.I_n$	$10.I_n \leq I_m \leq 14.I_n$

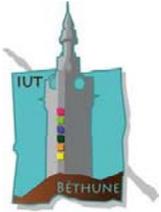




- Sélectivité ampèremétrique entre disjoncteurs:

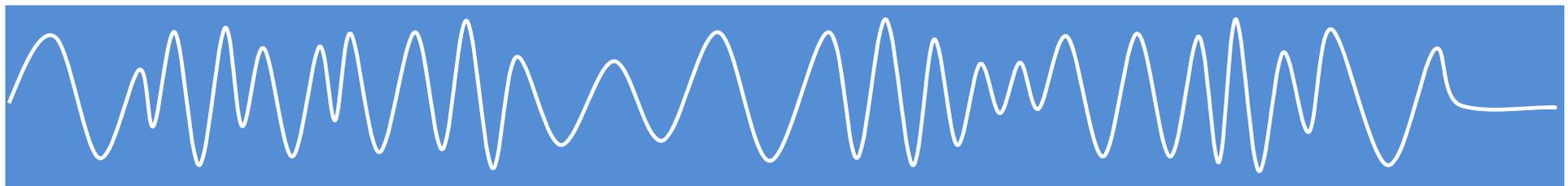
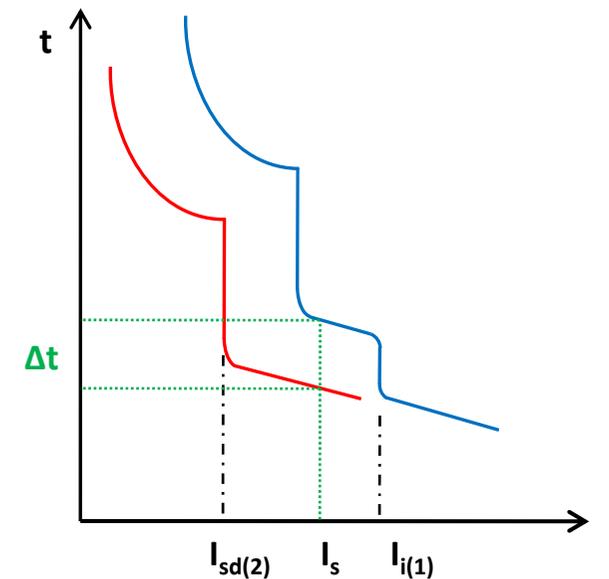
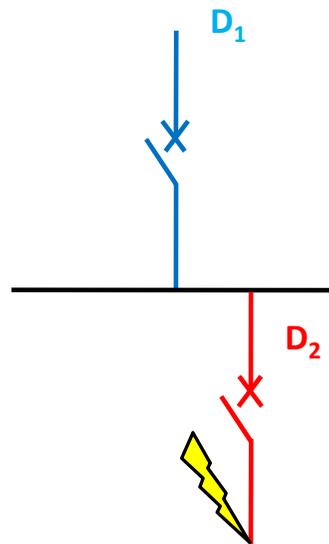
- Dans une installation électrique, la continuité de service est un impératif (ex: chaîne de production , milieu hospitalier, etc...). Un défaut survenant en un point quelconque du réseau, doit être éliminé par l'appareil de protection situé immédiatement en amont de celui-ci et lui seul.
- La sélectivité est **totale**, si et seulement si seul le disjoncteur D2 déclenche:
 - $I_{cc}(D2) < I_{sd}(D1)$
 - $I_r(D1) / I_r(D2) > 2$
 - $I_{sd}(D1) / I_{sd}(D2) > 2$
- La sélectivité est **partielle**, si et seulement si seul le disjoncteur D2 déclenche jusqu'au courant de court-circuit présumé $I_s < I_{cc}(D2)$. Au-delà de cette valeur, D1 et D2 fonctionnent simultanément.

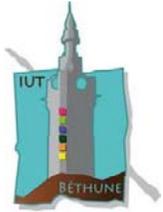




- Sélectivité chronométrique entre disjoncteurs:

- Cette technique repose sur le décalage temporel des courbes de déclenchement :
 - Le décalage Δt doit être suffisant pour assurer la sélectivité entre disjoncteurs lorsqu'un courant de court-circuit I_s apparaît.
- Cette technique doit être associée avec le principe de sélectivité totale:
 - $I_{cc}(D2) < I_i(D1)$
 - $I_r(D1) / I_r(D2) > 2$
 - $I_{sd}(D1) / I_{sd}(D2) > 2$





8) Protection contre les chocs électriques:

- 8.1) Protection contre les chocs directs:



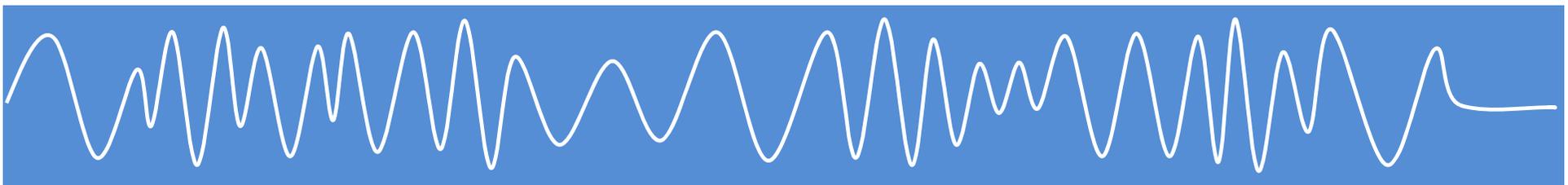
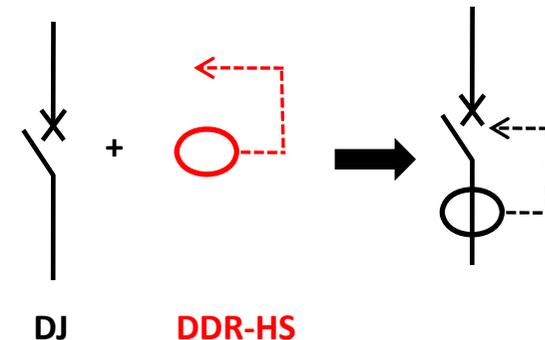
- Définition:

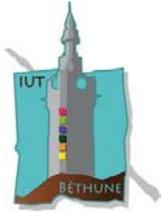
- Ils désignent l'ensemble des contacts avec les parties nues actives (conducteurs, jeu de barres, etc...) habituellement sous tension. Conformément à la norme CEI 60 364, ces parties ne doivent pas être accessibles quelques soient les conditions.

- Dispositifs de protection contre les contacts directs:

- Isolation des parties nues actives par gainage (conducteurs isolés)
- Mise hors de portée des parties nues actives au moyen d'enveloppe de protection (tableaux divisionnaires)
- Mise en œuvre de dispositifs différentiels à courant résiduel à haute sensibilité (DDR-HS):

- **Dispositif basé sur la création d'un courant résiduel lorsqu'un courant de défaut I_D apparaît et permettant le déclenchement du disjoncteur qui lui est associé.**
- En fonction du courant de défaut, plusieurs types de DDR sont à disposition: AC (standard), A, A si, B.





8) Protection contre les chocs électriques:

- 8.2) Protection contre les chocs indirects:

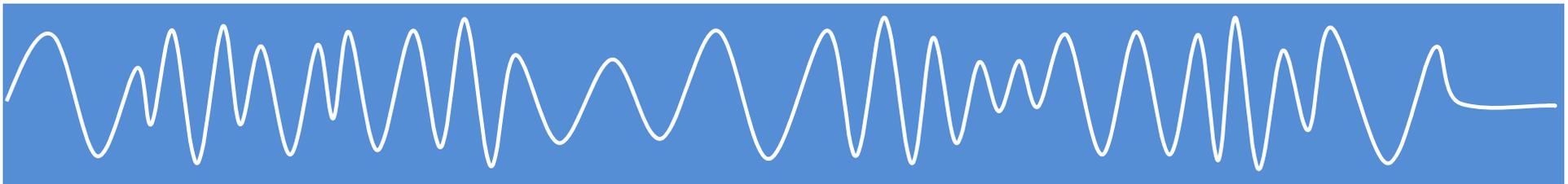


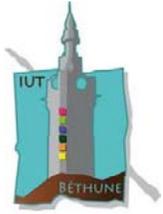
- Définition:

- Ils désignent l'ensemble des contacts avec les masses de l'installation accidentellement mises sous tension par défaillance d'isolation de l'appareillage et rendant ainsi possible l'accès à une tension potentiellement dangereuse pour l'utilisateur.

- Dispositifs de protection contre les contacts indirects:

- Cette mesure de protection repose sur 2 principes :
 - mise à la terre de toutes les masses des matériels électriques de l'installation et constitution de la liaison équipotentielle principale.
 - mise hors tension automatique de la partie de l'installation où se produit un défaut d'isolement.
- Afin de répondre à ces 2 exigences, la NF C 15-100 et la CEI 60 364 ont défini:
 - une tension limite de contact U_L limité à 50V
 - utilisation de matériels électrique classe II 
 - des Schémas des Liaisons à la Terre (SLT)
 - des temps de coupures maximaux





8) Protection contre les chocs électriques:

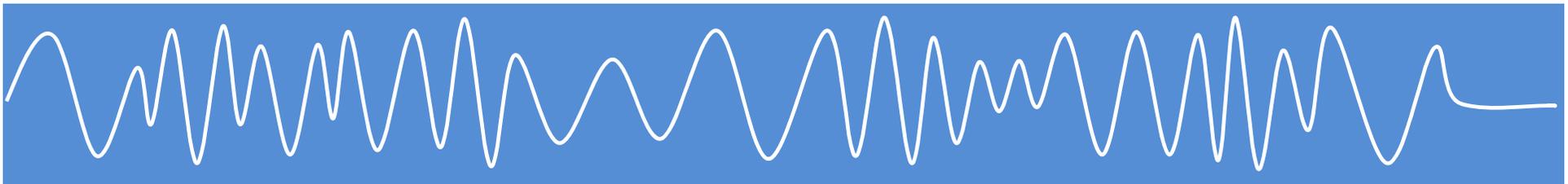
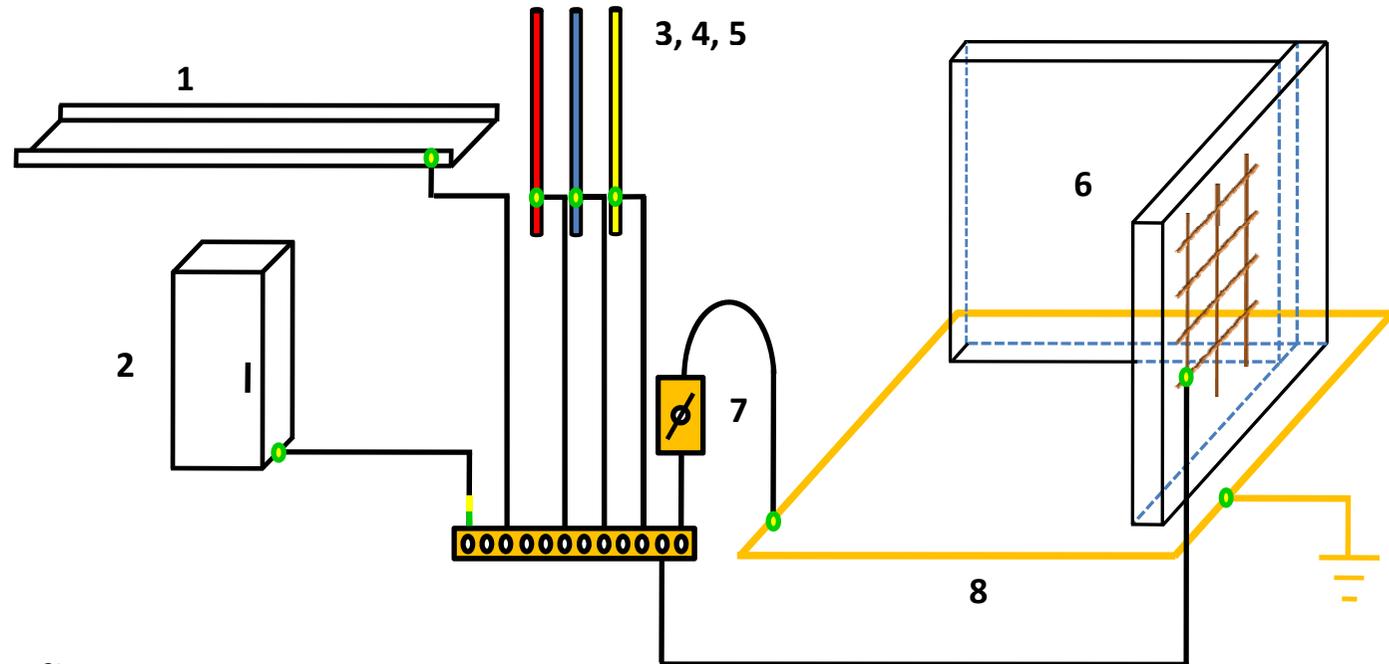
- 8.3) Les Schémas de Liaisons à la Terre:

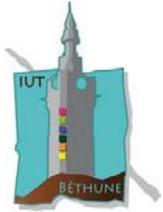


- Les liaisons à la terre:

- Le raccordement à la prise de terre des éléments conducteurs d'un bâtiment et des masses des appareils électriques contribue à éviter l'apparition de toute tension dangereuse entre les parties simultanément accessibles.

1. Chemin de câbles
2. Tableau électrique
3. Chauffage
4. Eau
5. Gaz
6. Ferrailage
7. Barrette de coupure
8. Fond de fouille ($S > 25\text{mm}^2$)





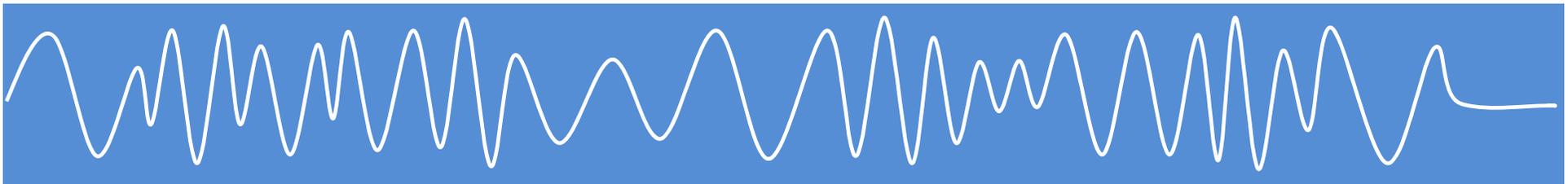
8) Protection contre les chocs électriques:

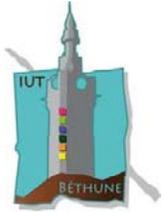
- 8.3) Les Schémas de Liaisons à la Terre:



- Définitions:

- Les schémas de liaisons à la Terre ou régime de neutre caractérisent le mode raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur MT/BT et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation en fonction desquels sont mises en œuvre les mesures de protection des personnes contre les contacts indirects.
- Schéma TT :
un point de l'alimentation est relié directement à la terre. Les masses de l'installation sont reliées à une prise de terre électriquement distincte de la prise de terre du neutre.
 - Schéma TN :
un point de l'installation, en général le neutre, est relié directement à la terre. Les masses de l'installation sont reliées à ce point par le conducteur de protection. On distingue le schéma TNC du schéma TNS.
 - Schéma IT :
une impédance Z_s est intercalée entre le point neutre du transformateur et la terre. Les masses de l'installation sont reliées à la prise de terre.





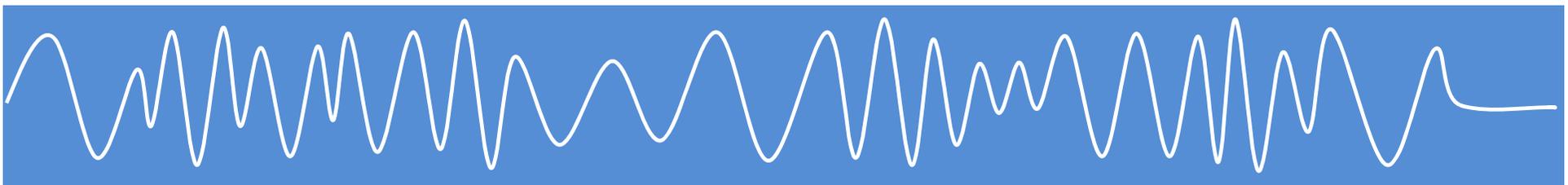
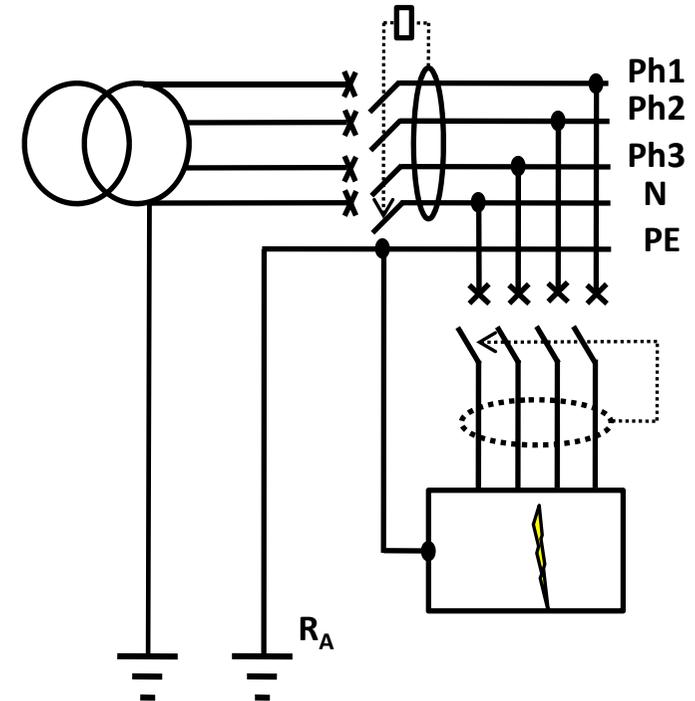
8) Protection contre les chocs électriques:

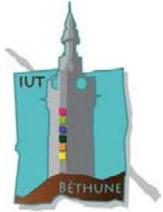
- 8.3.1) Le Schéma TT:



- Principes:

- L'impédance de la boucle de défaut est trop faible pour solliciter les protections de surintensités dans le temps imparti.
- coupure automatique obtenue par DDR-HS:
 - $I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_A}$
 - Un DDR par groupe de départs reliés à la même prise de terre permettant de limiter la coupure au seul groupe en défaut.
 - La NF C 15-100 autorise un temps maximal de déclenchement de 5s pour les circuits de distribution.
- **Coupe au 1^{er} défaut d'isolement**
- Concerne les ouvrages alimentés par le réseau de distribution publique BT





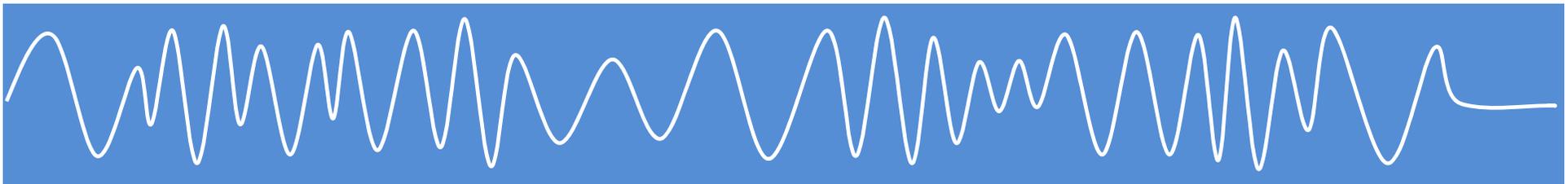
8) Protection contre les chocs électriques:

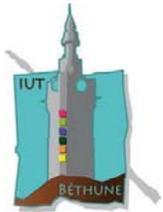
- 8.3.2) Le Schéma TN:



- Principes:

- Le défaut est équivalent à un court-circuit Ph-N et permet d'utiliser les protections contre les surintensités.
- **coupure au 1^{er} défaut par protection contre les surintensités**
- concerne les ouvrages alimentés par un transformateur MT/BT privé
- nécessite des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation
- 2 types de schémas peuvent être déployés:
 - Le schéma TN-C :
 - qui permet une économie à l'installation
 - est interdit dans les locaux à risques incendie ainsi que pour les équipements du traitement de l'information
 - Le schéma TN-S:
 - est utilisé pour des sections de câbles faibles
 - permet de disposer d'un PE non pollué (locaux informatiques)



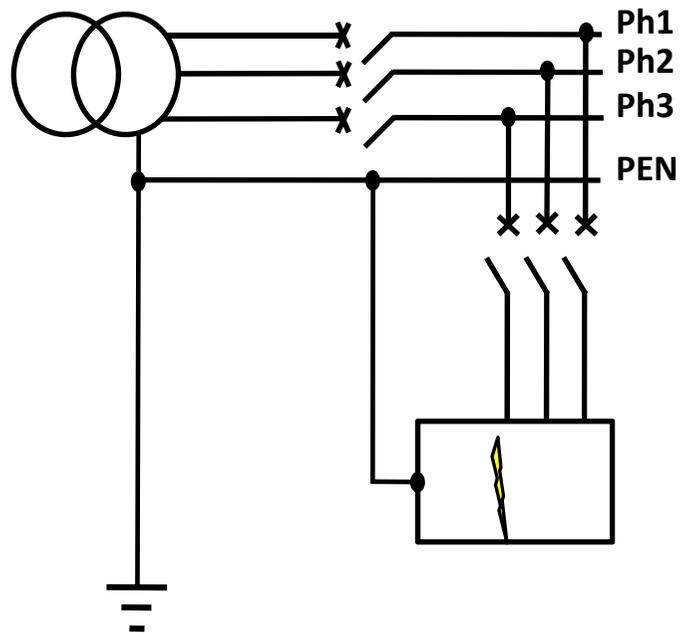


8) Protection contre les chocs électriques:

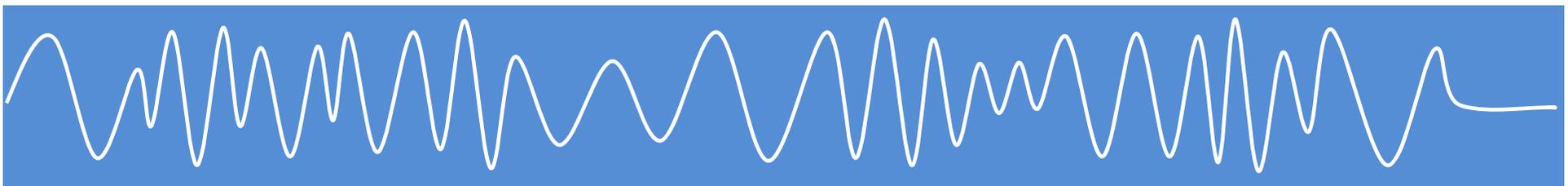
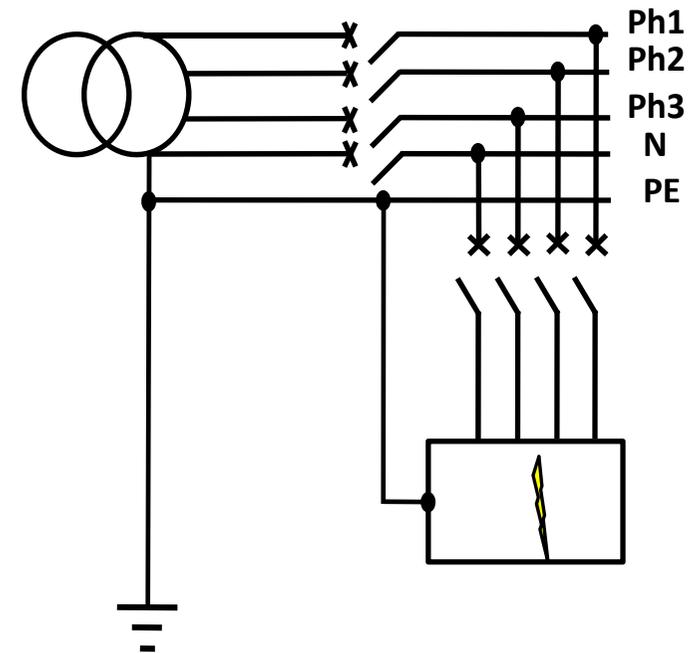
- 8.3.2) Le Schéma TN:

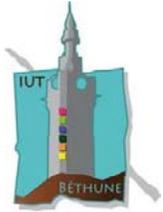


- Schéma TN-C:



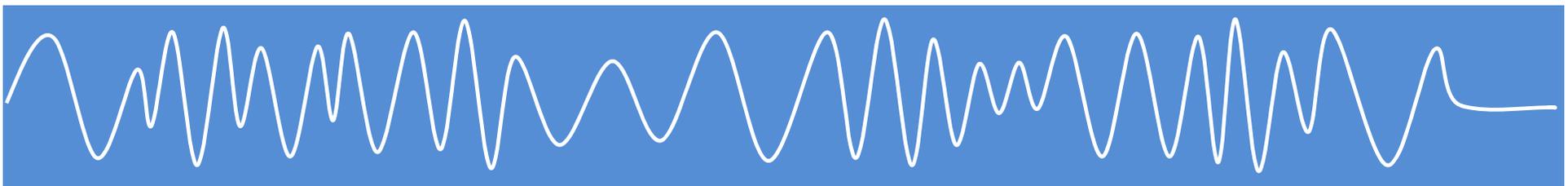
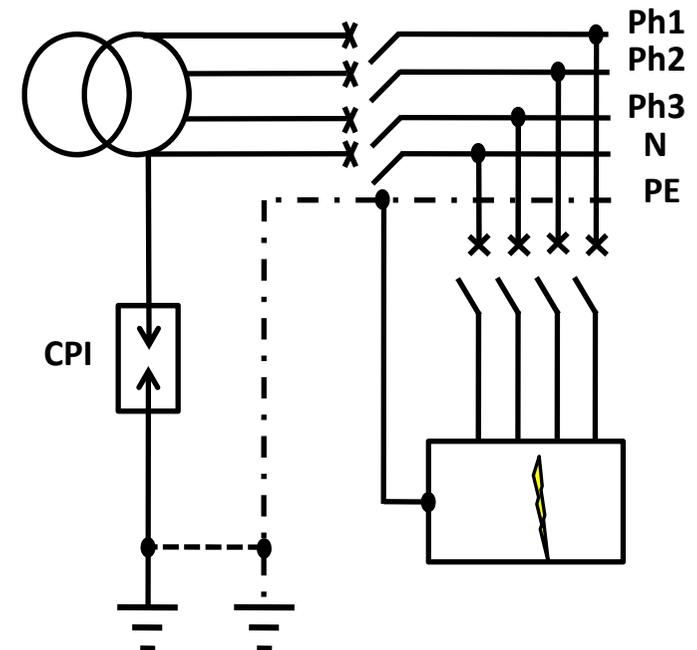
- Schéma TN-S:

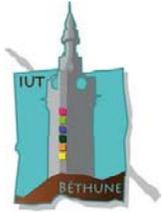




- Principes:

- interconnexion et mise à la terre des masses
- assure la continuité de service en exploitation
 - 1^{er} défaut d'isolement
 - Détecté et signalé par le Contrôleur Permanent d'Isolement
 - Entraînant obligatoirement la recherche et l'élimination du défaut
 - 2^{ème} défaut d'isolement
 - Coupure par protection contre les surintensités
- Lorsque le 2^{ème} défaut d'isolement est très faible, la protection des personnes contre les contacts indirects est réalisée par DDR
- Concerne les ouvrages alimentés par un réseau MT/BT privé





8) Protection contre les chocs électriques:

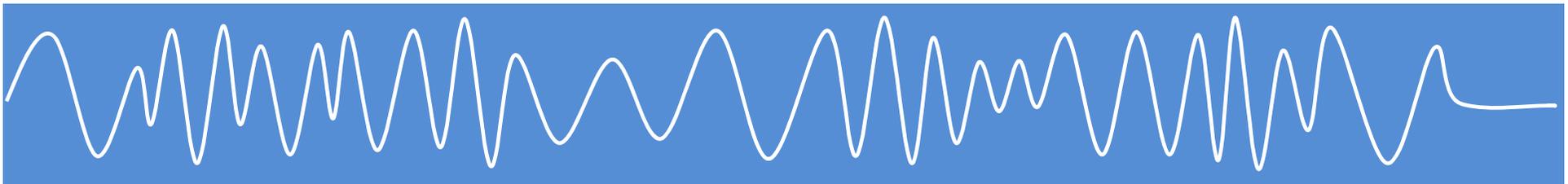
- 8.4) Critères de choix des SLT:

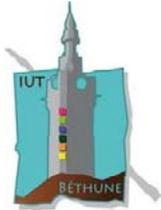


- Sur le plan de la protection des personnes, les 3 SLT sont équivalents si l'on respecte les règles de déploiements et d'exploitation.
- Ce sont les impératifs réglementaires, de continuité de service, de conditions d'exploitation, de nature du réseau et des récepteurs qui déterminent le ou les types de schémas les plus judicieux.

Nature du réseau	Conseillé
Réseau étendu avec mauvaise prise de terre	TN
Réseau avec courants de fuite importants	TN
Réseau avec lignes aériennes extérieures	TT

Nature des récepteurs	Conseillé
Récepteurs sensibles aux courants de défauts	IT
Récepteurs monophasés Ph-N	TT, TN-S
Récepteurs à risques (palans, convoyeurs,...)	TN





9) Degrés de protection des enveloppes matériels:

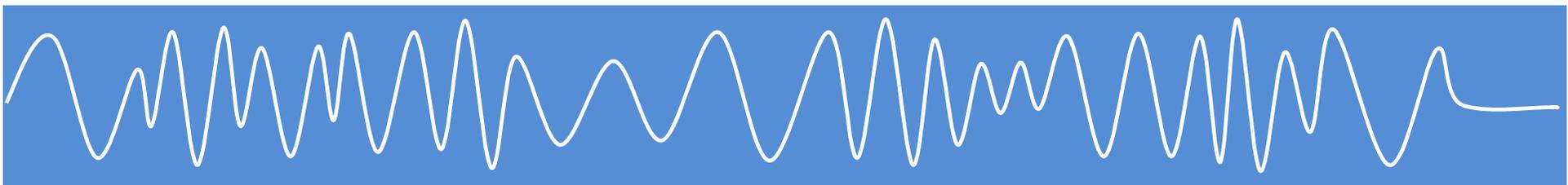
- 9.1) Le code IP:

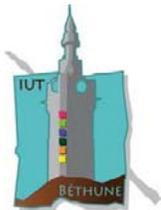


- Codification spécifié par la NF C 15-100 et la CEI 60 529:

I	P	C1	C2	X	X
---	---	----	----	---	---

C1: protection contre les corps étrangers		C2: protection contre les liquides	
0	Non protégé	0	Non protégé
1	$\varnothing \geq 50\text{mm}$	1	Gouttes d'eau verticales
2	$\varnothing \geq 12,5\text{mm}$	2	Gouttes d'eau (15° d'inclinaison)
3	$\varnothing \geq 2,5\text{mm}$	3	Pluie
4	$\varnothing \geq 1\text{mm}$	4	Projection d'eau
5	Protégé contre les poussières	5	Projection à la lance
6	Etanche aux poussières	6	Projection puissante à la lance
		7	Immersion temporaire
		8	Immersion prolongée





9) Degrés de protection des enveloppes matériels:

- 9.2) Le code IK:



- Codification spécifiée par CEI 60 262:

I K C1

C1: protection contre les impacts mécaniques sur toutes les faces (Joules)			
01	$\leq 0,14$	06	≤ 1
02	$\leq 0,20$	07	≤ 2
03	$\leq 0,35$	08	≤ 5
04	$\leq 0,50$	09	≤ 10
05	$\leq 0,70$	10	≤ 20

