



1^{er} cycle

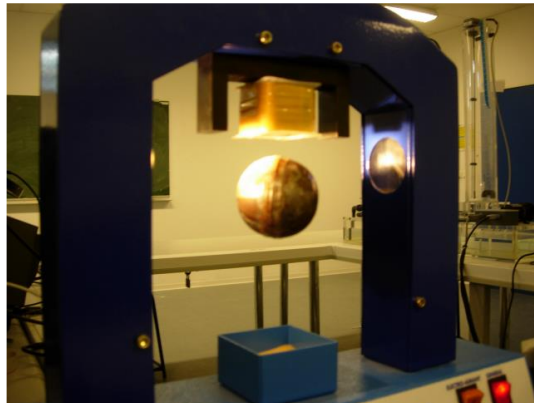
Sciences
de l'ingénieur

Grenoble INP
ESISAR

PX222

Projet Transverse Système Embarqué

Sustentation Magnétique



Auteur : Guy Dehay

Création : 2022

Historique : création

SOMMAIRE

SOMMAIRE..... 2

Préambule..... 3

I / Objectifs.....	3
1/ Mots clefs.....	3
2/ Introduction.....	3
3/ Près requis.....	3
4/ Points clefs.....	3
5/ Conditions.....	3
II / Fonctionnement.....	3
1/ Equipe.....	3
2/ Comportements.....	3
3/ Façon d'être.....	3

Attendus et notations..... 4

I / Attendus.....	4
1/ Notations.....	4
II / Conseils.....	4
1/ A lire.....	4
2/ A faire.....	4

De quoi s'agit-il ?..... 6

I / Introduction.....	6
1/ De quoi parlons-nous ?.....	6
2/ Objectif global.....	6
II / Schéma fonctionnel.....	6
1/ Observation initiale.....	6
2/ Schéma fonctionnel.....	6

PX221 Pour rappel..... 7

I / Objectif : Modélisations.....	7
II / Vos actions.....	7
1/ Prise en main.....	7
2/ Mécanique & bricolage.....	7
3/ Electromécanique & mesures.....	7
4/ Electronique & mesures.....	7
III / Final.....	7

PX222..... 8

I / Objectif.....	8
1/ Ce que l'on veut !.....	8
2/ Les indispensables.....	8
II / Matériels disponibles.....	8
IV / Blocs Fonctionnels à réaliser.....	9
1/ Modélisation du Processus : z(i).....	9
2/ Electronique.....	9
3/ Système asservi & Correcteurs.....	9
VI / Assemblages.....	10
1/ Introduction.....	10

2/ Associations des blocs.....	10
3/ Réalisations.....	10

Planning..... 12

I / Séances encadrées.....	12
II / Séances non encadrées.....	12

Carnet de Bord..... 13

I / Approche.....	13
II / Contenu.....	13
1/ En séance et dépôt sur Chamilo.....	13
III / Présentation.....	13
1/ Forme du document.....	13
2/ Attente.....	13
3/ Remarques.....	13

Matériels..... 14

I / Instrumentations.....	14
II / Contraintes techniques.....	14
1/ Limite du cahier des charge.....	14
2/ Composants.....	14
III / Matériels d'études.....	14

Réalisation des essais..... 15

I / Ergonomie du poste de travail.....	15
II / Mise sous & hors tension.....	15
III / Autres consignes.....	15

Circuit imprimé..... 16

I / Fonctionnement pratique.....	16
1/ Introduction.....	16
2/ Composants en magasin.....	16
3/ Circuits imprimés.....	16
II / Procédure.....	16
III / Valeurs à respecter.....	16

Mesure sur le Réseau..... 17

I / Le réseau.....	17
1/ Visualisation de la tension réseau.....	17
2/ Visualisation du courant.....	17
II / Présentation du matériel.....	17
1/ Autotransformateur et Alternostat.....	17
2/ Charges.....	18

Consignes de Sécurité..... 19

I / Dangerosité de l'électricité.....	19
1/ Rappel important.....	19
2/ Conclusion.....	19
II / Complément sécurité électrique.....	19

Préambule

I / Objectifs

1/ Mots clefs

- Autonomie
- Créativité
- Conception
- Réalisation pratique
- Contrainte planning

2/ Introduction

Il s'agit de mettre en œuvre de façon autonome une réalisation « simple » faisant intervenir vos connaissances des différents cours en science de l'ingénieur associé à du « bon sens », de la débrouillardise et un sens élevé de la « bricole ».

Quelques éléments informatifs de type « cahier des charges » font suites. Le projet est à réaliser sur l'ensemble des séances PX222 semestre 2 – 13,5 séances.

3/ Près requis

Tous les enseignements scientifiques et technique déjà vus à l'Esisar et plus encore !

4/ Points clefs

- Concevoir un dispositif faisant intervenir une partie électronique analogique / numérique / automatique et informatique.
- Valider / mesurer.
- Dans le cadre d'une mise en œuvre, mettre en contexte les thématiques électroniques, capteurs, électroniques de mesure, asservissements, correcteurs, électroniques numérique, programmations...
- Possibilité d'aller jusqu'à la réalisation pratique sur circuit imprimé du projet.

5/ Conditions

Il s'agit de projet, il n'y a pas de solution unique. La solution que vous proposerez devra faire référence de toutes les sources « d'inspiration ». Tout devra être (re)calculé ou démontré.

II / Fonctionnement

1/ Equipe

Il y a 12 postes, il convient de me fournir la liste nominative des 12 équipes.

2/ Comportements

- Le matériel devra être contrôlé et rangé à chaque séance. Il est inadmissible de trouver ou de laisser un poste de travail en désordre (les cordons doivent être rangés à leurs emplacements, les appareils d'instrumentation éteints, tabouret sur les tables, ...).
- Ne pas ranger du matériel défectueux mais le mettre à la disposition de l'enseignant.
- Arrêt 15 mn avant la fin
 - Contrôle des paillasses avant de quitter la salle
 - Ne sortir de la salle qu'après validation

3/ Façon d'être

- La présence est obligatoire aux séances.
- Le travail ne se limite SURTOUT PAS aux séances.
- Accès aux outils de recherche (web)
- Accès aux outils de simulation (salle de TP)
- Accès aux laboratoires d'électronique / d'auto / physique/ ... (sur demande en dehors des séances)

Attendus et notations

I / Attendus

1/ Notations

La réussite de ce projet n'est possible que si le travail est réalisé avec sérieux avec au 2 moins fois plus d'heure de travail personnel que d'heure en présentiel. La notation est constituée de 4 notes distinctes prévues comme suit :

- Suivi individuel
- Carnet bord
- Jalon à mi-parcours,
- Démonstration du dispositif réalisé.

a) Suivi individuel : Note 1 – 10%

Le suivi individuel de « comportement » sur toutes les séances est tenu pour chaque étudiant avec observations des points suivants :

- Participation et déroulement en séances (investissement, organisation, conduite d'essais, clarté, sécurité, ...)
- Préparation des séances en amont (cf. carnet de bord)
- Rendu du carnet de bord dûment rempli.

- Demande possible de présentation des réalisations durant les séances.
- Présence obligatoire (même lors des séances non encadrées)

b) Carnet de Bord 'CdB' : Note 2 - 40%

Le carnet de bord est une fiche d'activité à déposer en fin de journée après chaque séance. Il est à présenter à l'encadrant au début de chaque nouvelle séance.

INDISPENSABLE : cf. annexe

c) Jalon intermédiaire : Note 3 : 20 %

Le jalon intermédiaire consiste en une présentation détaillée en équipe du travail réalisé (en état) devant la paillasse, 10 à 15 mn séance 4 ou 5.

d) Présentation finale du réaliser : Note 4 - 30%

Lors de la dernière journée, vous aurez à présenter vos réalisations et pratiquer une démonstration de ce qui est fonctionnelle.

II / Conseils

1/ A lire

En préparant et en organisant efficacement le travail, on gagne beaucoup de temps. Par exemple :

- Remplir les mesures dans un tableur. Reporter les points de mesures en direct et visualiser le graphe durant les essais. On juge ainsi instantanément du bon choix des points expérimentaux et permet de détecter des mesures aberrantes.
- Les courbes doivent être exploitées et commentées en indiquant les valeurs remarquables (extrema, pentes, formes, valeurs nominales, gains, déphasages, bande passante, fréquences caractéristiques, précisions, ...)
- Travailler en équipe signifie que les participants se complètent, qu'il n'y en a pas un qui regarde travailler l'autre !!!

2/ A faire

Lire les annexes

Soyez modeste dans vos objectifs en termes de performance.

Soyez exigeant sur la rigueur de vos réalisations et de vos mesures.

SUSTENTATION

MAGNETIQUE

~~~~~

# De quoi s'agit-il ?

## I / Introduction

### 1/ De quoi parlons-nous ?

Le phénomène de lévitation magnétique, au-delà de son aspect spectaculaire, permet d'illustrer un grand nombre de notions de physique et technique. Nous souhaitons à travers ce projet réaliser une maquette de sustentation magnétique d'une bille métallique dont la position est asservie **au-dessous** d'une bobine à noyau de fer. La mesure de position sera réalisée par un capteur infra rouge.

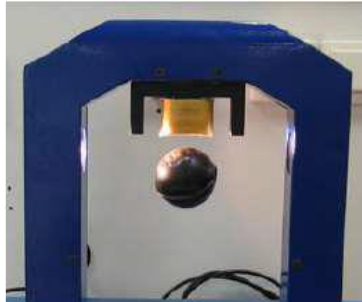


Fig. 1 : Photo non contractuelle

La sustentation magnétique est utilisée notamment pour réaliser des paliers sans frottements sur un arbre en rotation ou pour guider sans contact avec le sol des trains à grande vitesse.

Ce projet vous permettra d'aborder des notions de magnétisme, d'électronique, d'optoélectronique et d'automatique analogique et/ou numérique.

### 2/ Objectif global

PX221 a permis de réaliser tout ou parties des blocs fonctionnels, de les faire fonctionner de façon individuelle et de les caractériser au sens de l'automatique linéaire en vue de leur insertion dans un asservissement.

PX222 permettra de finaliser ce qui n'a pas abouti au premier semestre, de compléter par la réalisation de blocs fonctionnels puis d'assembler ces différents éléments. Une fois tout le dispositif mis en place, il faudra synthétiser un correcteur approprié pour stabiliser la bille.

## II / Schéma fonctionnel

### 1/ Observation initiale

Le système se compose d'une bille métallique située sous une bobine à noyau de fer. Elle est parcourue par un courant, et crée un champ magnétique qui attire la bille. En l'absence d'asservissement, la force magnétique étant inversement proportionnelle au carré à la distance, la bille vient se coller contre le noyau ou chute ; il est donc nécessaire d'effectuer une mesure de position de la bille et de modifier en conséquence l'intensité du courant pour maintenir la bille dans une position désirée.

### 2/ Schéma fonctionnel

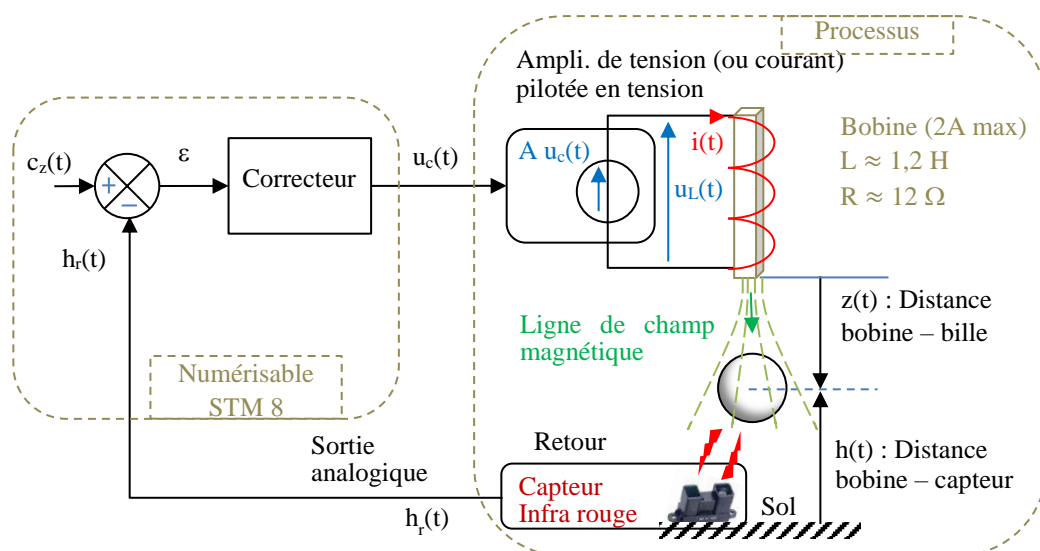


Fig. 2 : Structure du dispositif de sustentation - valeur numérique de la bobine du labo.

# PX221

## Pour rappel ☺

### I / Objectif : Modélisations

L'objectif est de trouver les modèles linéarisés des différents éléments - du processus (bobine + partie mécanique), du capteur, [l'amplificateur ce sera pour le semestre 2] afin de pouvoir exhiber/écrire/monter un modèle du processus en ayant quantifiée tous les paramètres / éléments intervenant dans l'expression de la chaîne direct.

### II / Vos actions

#### 1/ Prise en main

- Lire attentivement le document de projet.
- Effectuer des recherches pour percevoir / comprendre le projet dans sa globalité.

#### 2/ Mécanique & bricolage

- Monter la partie mécanique « bobine puis capteur » de façon reproductible à partir des différents portiques et des bobines de la salle A150 cf. annexe pour visualiser.

#### 3/ Electromécanique & mesures

- Rechercher le principe physique et les différentes mises en équations du phénomène de force magnétique en fonction du champ, du courant de l'inductance.
- Réaliser un montage et des tests préliminaires afin de faire décoller la bille.
- Réaliser des relevés / des mesures afin de caractériser la distance  $z$  en fonction du courant dans la bobine tel que la bille décolle « juste ». Testez avec différentes billes. Définissez clairement le protocole de mesure et le matériel nécessaire, prendre des photos. Mesurez toutes les grandeurs  $Z$ ,  $U$ ,  $I$  ...

#### 4/ Electronique & mesures

##### a) Capteur

- Lire très attentivement la data-sheet du capteur.
- Monter mécaniquement et électriquement le capteur de position.
- Caractériser la tension de sortie du capteur avec la bille en position « seule » (trouver des astuces). Mesurer la tension de sortie du capteur en fonction de la distance de la bille au capteur. La bille et le capteur doivent être dans la position de fonctionnement correspondant à l'asservissement

**Attention  $h$  n'est peut-être pas la distance qui nous intéresse pour l'asservissement.**

##### b) Bobine

- Réaliser des essais afin de trouver les différents paramètres électriques de la bobine. ( $R$ ,  $L$ ,  $\tau$ ). Vous préciserez et justifierez les conditions des essais.
  - Attaque en échelon.
  - Attaque en sinusoïdale.

### III / Final

A partir du schéma fonctionnel, et des multiples mesures réalisées, exprimez la fonction de transfert du processus, en prenant soin de définir l'entrée, la sortie, les perturbations, les paramètres, ...

# PX222

## I / Objectif

### 1/ Ce que l'on veut !

L'objectif est de réaliser l'asservissement d'une bille en acier à partir du matériel existant, et de créer les éléments qui ne sont pas disponibles tels que l'amplificateur qui permettra de fournir le courant, le correcteur qui permettra de réguler la position de la bille, et tout autre bloc fonctionnel manquant. Dans l'absolu, que tout se déroule correctement vous irez jusqu'à la réalisation de circuits imprimés électroniques, voire de la mise en boîtier de votre réalisation.

### 2/ Les indispensables

- Vous devrez toujours travailler avec le même matériel, dans votre premier carnet bord vous prendrez toutes les références et des photos de vos installations.
- Afin réussir votre projet, dès la 1<sup>ère</sup> séance organisez-vous afin de
  - vous répartir les tâches
  - de programmer vos jalons intermédiaires afin de rester dans le planning prévu.
  - préparer les plans des cartes, en amont de la phase d'assemblage
- Prenez connaissance de la totalité du sujet et des annexes à la première lecture.
- Lire le sujet en entier plusieurs fois !
- Tous les composants à utiliser sont à choisir dans le catalogue du magasin de l'école (Chamilo).

## II / Matériels disponibles

Par rapport au premier semestre, le matériel disponible a un peu évolué. Il y a 12 postes de disponibles. Une fois choisi votre matériel, vous n'en changerez pas.

- 8 avec la « grosse » bobine utilisé en PX221 monté sur un nouveau support.

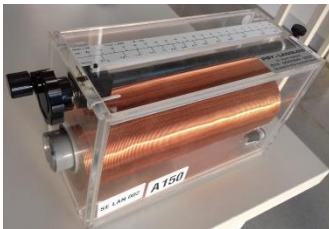


Fig. 3 : Bobine de TP et son support

- 4 bobines « maisons » plus petites placées sur un support spécifique.

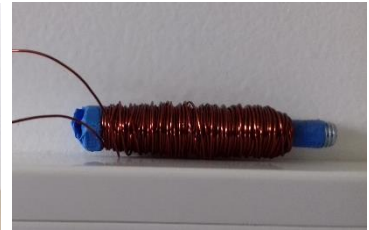


Fig. 4 : Support + petite bobine.



## IV / Blocs Fonctionnels à réaliser

### 1/ Modélisation du Processus : z(i)

#### a) Mécanique

Avec l'expérience acquise avec le projet PX221, vous monterez l'ensemble Portique/bobine/capteur de façon répétable. Dès que cela sera possible, le dispositif ne sera pas démonté, en tout cas le moins possible.

#### Position d'équilibre de la grosse bille

En première analyse vous prendrez comme hypothèse que le centre de la bille sera à l'équilibre à 15 mm du noyau ferromagnétique.

#### Capteur

Vous positionnerez le capteur afin que la mesure se fasse autour de 60 mm.

#### b) Modélisation

Une fois la partie matérielle assemblée, vous effectuerez les mesures afin d'obtenir le modèle linéaire  $z(i)$ , la relation reliant le courant à la distance Bobine- Bille.

### 2/ Electronique

#### a) Conception simulation d'un amplificateur

##### Amplificateur de tension

Pour le contrôle du champ de la grosse self de la salle de TP, vous devez concevoir {et réaliser} une source de tension piloter en tension (c'est-à-dire un amplificateur) adapter à votre structure. Il convient de poser les conditions électriques de l'ampli.

Cet ampli pourra avoir deux gains distincts (ou réglable) en fonction du type de technologie utilisé pour le correcteur soit analogique soit numérique.

##### Amplificateur de courant

Dans le cas de l'utilisation de la petite bobine maison, il conviendra de concevoir {et réaliser} une source de courant piloter en tension adapter à votre structure. Il convient de poser les conditions électriques de cette source.

##### Outil

Vous pourrez / devrez utiliser un logiciel de simulation / conception de carte comme « ltspice » ou « kicad ».

#### b) Tests

Une fois votre structure d'amplificateur validé à travers les simulations, montez et testez votre montage sur platine d'essais. Il conviendra de réaliser des essais aux valeurs limites du cahier des charges reportées dans un bilan de mesure.

#### c) Modélisation

Trouvez un modèle linéaire de l'amplificateur.

### 3/ Système asservi & Correcteurs

#### a) Modélisation globale

En utilisant l'ensemble des résultats de modélisations précédents, vous simulerez le système via Matlab-Simulink. Avec cet outil de simulation, vous testerez des structures de correcteurs (à avance de phase, intégrateur-avance de phase, ...) qui vous permettront la stabilisation du processus en boucle fermée.

Validez un (ou plusieurs) correcteur(s) qui stabilise(nt) votre processus.

#### b) Réalisation du comparateur et du correcteur

##### Version analogique

Concevez, simulez, le correcteur et le comparateur en électronique analogique. Ce montage permettra de changer de paramètres du correcteur facilement et de façon indépendante, quitte à avoir plus de composants. Une fois validé, testez sur une platine d'essai votre conception.

##### Version numérique

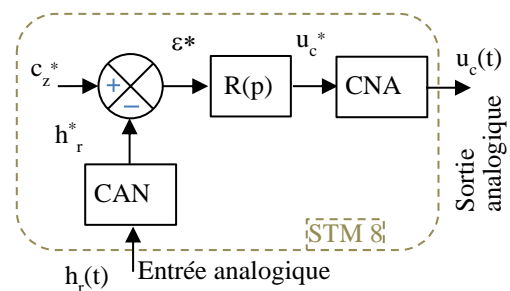


Fig. 5 : bloc numérique.

Avec le micro-contrôleur STM8, vous implanterez les blocs fonctionnels suivants.

- Gestion de la consigne :  $C_z^*$
- Le comparateur :  $e^* = C_z^* - h_r^*$
- Le correcteur :  $R(p)$
- La conversion Analogique/Numérique de  $h_r(t)$  en  $h_r^*$
- La conversion Numérique/Analogique de  $U_c^*$  en  $U_c(t)$

Faites-en sorte de pouvoir tester votre dispositif de façon autonome.

## VI / Assemblages

### 1/ Introduction

Toutes les étapes précédentes doivent IMPERATIVEMENT être validées. Vos différents blocs fonctionnels sont opérationnels :

- La partie mécanique montée de manière répétable – Bobine + Capteur.
- La simulation du système bouclé complet corrigé est stable.
- L'amplificateur fonctionne sur la platine d'essai avec les conditions du cahier des charges.
- Le correcteur analogique fonctionne sur la platine d'essai.
- L'ensemble comparateur – correcteur – convertisseur est fonctionnelle sur le micro-contrôleur STM8.

**Ne pas passer aux étapes suivantes si ce n'est pas le cas !!!**

### 2/ Associations des blocs

Vous allez procéder à l'assemblage des différents blocs, et faire fonctionner en boucle ouverte – Attention au protocole d'essai.

#### a) Protocole

Partez du cœur fonctionnel et tester à chaque fois si l'association fonctionne avec le « décollage de la bille » avant de passer à l'étape suivante.

- Ampli Bobine
- Ampli Bobine Capteur
- Correcteur Ampli Bobine Capteur
- Comparateur Correcteur Ampli Bobine Capteur

**Attention au sens du bouclage et de la comparaison**

#### b) Réglages

Il est fort probable que cela ne fonctionne pas ... du premier coup !

Il est important de réfléchir {et de noter} l'ensemble des tentatives / essais / changements afin de limiter le hasard et de maîtriser la méthode de mise au point. Effectuer les corrections nécessaires sur l'ensemble de vos réalisations. Vous réaliserez le bouclage en analogique puis en numérique.

**Ne pas passer à la réalisation si ce n'est pas stable.**

### 3/ Réalisations

#### a) Cartes

Une fois les tests validés, réaliser les cartes électroniques correspondantes aux dernières modifications. Pensez aux « difficultés » de connectique entre l'ampli et le bloc comparateur correcteur et aussi avec le STM8. Choisissez des dispositifs simples et fiables. Réalisez le plan du circuit imprimé puis faites « tirer » votre carte par le service technique de l'école. Il est important d'anticiper et de prévoir un délai de fabrication dans votre planning. Pour rappel les 4<sup>e</sup> année seront en fin de projet industriel, et comme vous, seront à la « bourre » !

#### Conseils :

- Pour tous les semi-conducteurs utilisez des supports de composants dans la conception de votre carte.
- Ne pensez pas trop petit, la manipulation en sera plus facile
- Ecrire en cuivre sur la carte
  - un titre - la version - vos noms - la date

#### b) Protocole

- Suivre les consignes de conception (cf. annexe).
- Réaliser les plans de la carte, les faire valider et tirer par Claude Cantelli.
- Une fois réalisé, SANS composant, tester la continuité/discontinuité de toutes les pistes.
- SANS composant, testez sous tensions avec limitation de courant sur l'alimentation.
- Soudez les supports et les composants.
- Testez sous tension SANS semi-conducteur avec limitation de courant sur l'alimentation.
- Placer les semiconducteurs sur les supports (hors tension), puis tester sous tension avec limitation de courant sur l'alimentation.
- Testez le montage aux limites du cahier des charges avec des limitations de courant sur l'alimentation en adéquation avec les essais.

#### c) Packaging

Si votre projet s'est déroulé au mieux, peut-être vous reste-il du temps pour envisager de mettre en boîte votre dispositif. Proposer alors une solution.

# Annexes

# Planning

## I / Séances encadrées

| Date           | Heure | Prof               | Salle     | Gp |
|----------------|-------|--------------------|-----------|----|
| lun 20 mars-23 | 08h15 | DEHAY Guy          | A154      | G1 |
| mar 21 mars-23 | 14h45 | DEHAY Guy          | D122-D128 | G2 |
| mer 5 avr-23   | 08h15 | MIRBAHA Amir-pasha | C011 (V)  | G2 |
| ven 7 avr-23   | 13h00 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G1 |
| mar 18 avr-23  | 14h45 | DEHAY Guy          | D122-D128 | G2 |
| ven 28 avr-23  | 13h00 | MIRBAHA Amir-pasha | D115 (V)  | G1 |
| mer 3 mai-23   | 13h00 | DEHAY Guy          | D122-D128 | G2 |
| mer 10 mai-23  | 13h00 | MIRBAHA Amir-pasha | C011 (V)  | G1 |
| mar 16 mai-23  | 13h00 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G1 |
| mer 17 mai-23  | 13h00 | MIRBAHA Amir-pasha | D115 (V)  | G2 |
| lun 5 juin-23  | 13h00 | DEHAY Guy          | A154      | G2 |
| lun 5 juin-23  | 08h15 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G2 |
| mar 6 juin-23  | 13h00 | DEHAY Guy          | A154      | G2 |
| mar 6 juin-23  | 08h15 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G2 |
| mer 7 juin-23  | 08h15 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G2 |
| jeu 8 juin-23  | 08h15 | DEHAY Guy          | A154      | G2 |
| ven 9 juin-23  | 08h15 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G2 |
| lun 12 juin-23 | 13h00 | DEHAY Guy          | A154      | G1 |
| lun 12 juin-23 | 08h15 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G1 |
| mar 13 juin-23 | 08h15 | DEHAY Guy          | A154      | G1 |
| mar 13 juin-23 | 13h00 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G1 |
| mer 14 juin-23 | 08h15 | DEHAY Guy          | A154      | G1 |
| jeu 15 juin-23 | 08h15 | DEHAY Guy          | A154      | G1 |
| ven 16 juin-23 | 08h15 | MIRBAHA Amir-pasha | A154      | G1 |

## II / Séances non encadrées

A voir

# Carnet de Bord

## I / Approche

Le carnet de bord doit, tant par le fond que par la forme, s'approcher du type de rapport que tout ingénieur / chercheur est appelé à rédiger pour lui et/ou ses collègues, son équipe ou ses supérieurs. Il doit être rédigé de façon claire, concise et soignée. Il doit pouvoir être compris, par toute personne compétente, longtemps après avoir été archivé ; C'est-à-dire qu'il convient d'écrire une introduction explicative. Il doit de plus, toujours être possible, après sa lecture, de refaire les

mêmes essais avec les mêmes matériels et logiciels et dans les mêmes conditions.

- Inclure schéma et plan des montages
- Commenter, justifier et critiquer les résultats obtenus. En faire état ne suffit pas.
- Savoir extraire les aspects importants des mesures. Conclure.

## II / Contenu

### 1/ En séance et dépôt sur Chamilo

Réalisé le jour J

Il faut écrire vos activités de séance.

- Décrire au cours de la séance ce que vous réalisé en temps réel.
- Inclure les schémas
- Lister matériel utilisé
- Donner les tableaux de mesures en « horizontale », ex. :

|   |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|
| x | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| y | 11 | 22 | 33 | 44 | 55 |

- Donner les courbes de mesure s'il y a

### Préparation de la séance suivante

Entre la fin de séance et le rendu de fin de journée, il faut que vous écriviez :

- Les objectifs de la séance suivante
- Vos besoins en étude théorique
- Vos besoins en matériel spécifique
- Début

### Travaux personnel « maison » Après la séance

Vous utiliserez le carnet de bord pour noter, rédiger vos travaux personnels en lien avec vos objectifs définis en fin de séance précédente. Il convient de travailler chez vous entre chaque séance.

**Cette partie sera visée par l'encadrant.**

## III / Présentation

### 1/ Forme du document

#### Numérique

- Document sous forme numérique pdf ou word uniquement (pas de odt).
- Réaliser une première de couverture avec toutes les informations
- Mettre en page, niveau de titre, pied de page etc.
- Pied de page & En tête
- Niveau de paragraphe & style
- Numérotation Titre Figure
- Légende aux figures et renvois de référence
- ...

#### 1 seul fichier

- Ecrire les différents carnets de bord à la suite mais faire évoluer le n° k du nom de fichier officiel

#### Nom officiel du fichier du carnet de bord

- CarnetBord\_k\_Nom1Nom2.pdf

#### Quand

Les carnets de bord sont à déposer sur Chamilo au plus tard en fin de journée du jour de la séance.

### 2/ Attente

- Mettre TOUS les Noms des représentants de l'équipe sur **TOUTES** les feuilles et les numérotés.
- Le document doit être compréhensible par une personne n'ayant pas fait le projet.
- Ecrire les références du projet
- Ecrire une introduction
- Pas d'équations électriques sans schéma fléché.
- Bibliographie
- Proscrire les photos de document manuscrit

### 3/ Remarques

- Ne pas mettre trop de courbes. Une courbe n'est utile que si elle illustre le compte-rendu, si elle comporte un titre, une légende, les échelles ... et si elle est commentée ou expliquée dans le compte-rendu.
- Chaque relevé d'essai doit comporter les renseignements nécessaires pour connaître de quelles mesures il s'agit, de ses auteurs et des essais auxquels ils correspondent, ainsi qu'une pagination.

# Matériels

## I / Instrumentations

- Voltmètre
- Ampèremètre
- Wattmètre
- Sonde de courant
- Sonde différentielle de tension
- Oscilloscope

## II / Contraintes techniques

### 1/ Limite du cahier des charge

- Nous ne disposons pas nécessairement des composants permettant de répondre au cahier des charges de chaque projet. Au besoin, après présentation de la problématique à l'encadrant, vous réviserez les valeurs limites du cahier des charges.
- Faites valider les structures et les schématiques des montages que vous allez réaliser.
- N'oubliez pas de calculer les éléments qui vous permettront de choisir avec pertinence les composants

### 2/ Composants

Les composants sont à choisir dans le matériel disponible en stock au magasin. Le catalogue se trouve sur

- Chamilo /AC221/Projet PX221

Quelques datas sheet de disponibles :

- Datasheet : Chamilo /AC221/Projet PX221

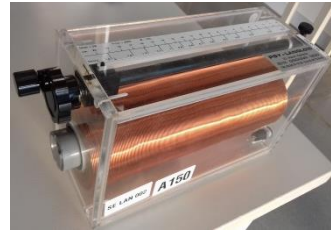
## III / Matériels d'études



Portique



Portique – pied et noix de serrage



Bobines à noyau de fer réglable - 0,2 – 1,2 H – 2A – 14 Ω



Bille pleine en acier



Boule creuse alliage ferreux

| Bille pleine | Grosse | Petite | Très petit |
|--------------|--------|--------|------------|
| Poids [g]    | 35,8   | 3,52   | 2,08       |
| Ø [mm]       | 20,72  | 9,56   | 8,0        |

| Boule     |   |  |
|-----------|---|--|
| Poids [g] | ? |  |
| Ø [mm]    | ? |  |



Datasheet-gp2y0a41sk0f-4-30  
Capteur de position infrarouge

# Réalisation des essais

## I / Ergonomie du poste de travail

Votre paillasse dispose d'un bloc de distribution à gauche. Cela est normalisée, l'énergie arrive par la gauche et va vers la charge à droite comme sur les schémas. D'autre part, vous allez utiliser des appareils de mesures. Il sera nécessaire d'effectuer des lectures de cadrans. Il convient de mettre ces cadrans devant (Fig. 1) et non au fond, au risque d'être obligé de se pencher sur le câblage du circuit sous tension. Il y a risque d'électrisation.

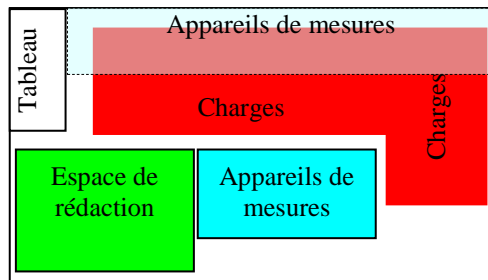


Fig. 1 : Disposition ergonomique et sécuritaire du poste de travail.

L'étagère permet de placer des appareils de mesures et ainsi de dégager de l'espace sur le plan de travail. L'espace de rédaction est situé devant le tableau de distribution afin de faciliter la mise en fonctionnement.

Avant de réaliser le câblage, **s'assurer que toutes les sources sont hors tension**. S'il y a un doute, consulter l'enseignant.

Câbler le montage **maille par maille**. Prévoir les liaisons avec les sources, mais celles-ci ne seront reliées au montage qu'en dernier lieu.

Brancher les voltmètres et l'oscilloscope en dernier, de l'appareil vers le montage (et pas le contraire).

S'assurer que tous les appareils du montage soient reliés à la terre (sauf les appareils de classe 2).

A partir d'un schéma graphique, le montage devra être vérifié par les élèves, **puis par l'enseignant**.

## II / Mise sous & hors tension

Respecter scrupuleusement le protocole de mise sous tension du montage.

**Toute modification du câblage doit être effectuée après la mise hors tension du montage.**

Respecter le protocole de démontage lorsqu'il s'impose.

**S'assurer que les sources sont hors tension. Décâbler à partir de la source.**

Déconnecter les cordons en tirant sur la fiche, non sur le fil.

## III / Autres consignes

Ne pas utiliser pour un appareil de mesures, un cordon d'un type autre que celui prévu par le constructeur.

Ne pas supprimer la liaison à la terre d'un appareil devant fonctionner avec une prise 2P + T (2 phases + Terre) par exemple en utilisant un adaptateur.

Ne pas intervenir sur les armoires électriques de la salle.



# Circuit imprimé

## I / Fonctionnement pratique

### 1/ Introduction

Présentation des paramètres et contraintes de routage pour la réalisation de PCB en interne sous peine de travail inutile qu'il sera alors nécessaire de recommencer afin de les respecter.

- Source : service technique de l'Esisar

### 2/ Composants en magasin

- Cf. catalogue (Chamilo)
- Faire le maximum avec des composants traversants appartenant au catalogue école.

### 3/ Circuits imprimés

- Regrouper les demandes de réalisation
- Faire une demande officielle (lien) sur intranet.
- Fournir le plan sous forme de fichier adéquat au service compétant
- Prévoir au minimum une semaine de délai de réalisation

## II / Procédure

- Phase 1 : Impression du typon

Lors de la phase d'impression du typon, une opacité maximum doit être obtenue. La qualité du rendu de l'insolation est conditionnée à la bonne qualité d'impression du typon.

- Phase 2 : Insolation UV du PCB avec le typon
- Phase 3 : Révélation (suppression de la couche photo sensible non protégée par le typon)
- Phase 4 : Gravure chimique du PCB

La phase de gravure comporte 2 paramètres majeurs, à savoir la qualité du bain de perchlorure et la vitesse de convoyage du PCB dans le bain d'acide lors de ce process.

## III / Valeurs à respecter

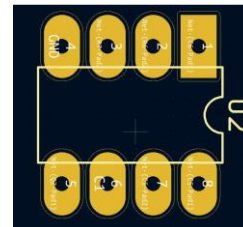
En phase de routage du PCB (Kicad ou autre), il est important de prendre en compte certaines recommandations. Pour éviter un maximum de problèmes de réalisation du PCB (gravure) et pour une facilité de câblage des cartes par la suite, bien prendre en compte les éléments suivants.

### a) Valeurs minimum

|                          |                |                                  |
|--------------------------|----------------|----------------------------------|
| - Isolation              |                | 0,5mm (min)                      |
| - Largeur de piste       | Masse (GND)    | 2mm (min)                        |
|                          | Alimentation   | 1,25mm (min)                     |
|                          | Autres signaux | 0,7mm (min)                      |
| - Diamètre des pastilles |                | 2mm (min) et perçage 0,5mm (min) |

### b) Forme des pastilles

Pour les circuits intégrés, les transistors (3 pattes ou plus) et les connecteurs prendre des pad ovales.



Pour les pastilles rondes, privilégier un diamètre de 2,5mm pour un perçage à 0,8mm.



### c) Vias

Pour les vias de transfert de la face TOP (rouge) en face BOTTOM (bleue), prendre les mêmes dimensions 2,5mm avec perçage à 0,8mm.

#### Attention :

Pas de possibilité de réaliser des trous métallisés. Il est nécessaire de passer par une patte de composant ou un via soudé.

### d) Règle de câblage

De façon générale, lorsque des composants traversants sont utilisés, router les pistes les reliant en face BOTTOM (bleue).

#### Attention

Si les composants sont plaqués au PCB, vous n'aurez plus accès à la pastille en face TOP pour éventuellement faire un transfert TOP/BOTTOM. Il faudra alors déporter un via pour réaliser la connexion.

### e) Plan de masse

Pour les plans de masse, prévoir des freins thermiques sur les pastilles qui y sont reliées ; croix autour des pastilles avant de rejoindre le plan de masse.



Pour les composants CMS, préférer les empreintes «HandSolder» pour un câblage manuel plus aisé.



# Mesure sur le Réseau

## I / Le réseau

### 1/ Visualisation de la tension réseau

La visualisation de la tension réseau nécessite quelque précaution. Classiquement les entrées d'oscilloscope sont réalisées par des fiches BNC. La bague métallique extérieure de cette fiche est relié à la masse et donc à la terre. La tension monophasée est dans la pratique obtenue à partir d'un réseau triphasé. Le neutre est toujours (de près ou de loin) relié à la terre. Si vous observez directement la tension réseau (ou même une portion) il y a alors court-circuit entre une phase et le neutre ( $\equiv$  terre).

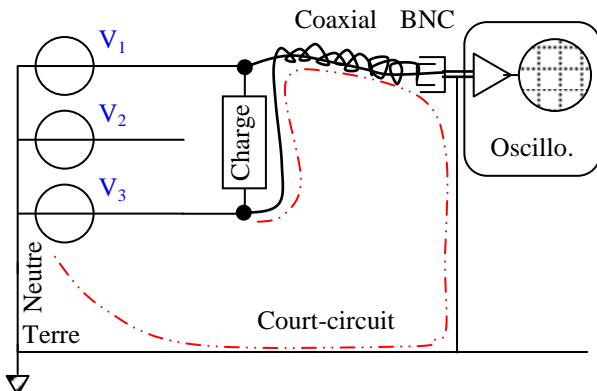


Fig. 2 : Mise en court-circuit par une mauvaise visualisation de tension réseau.

Il est nécessaire d'introduire une isolation galvanique qui isole électriquement la partie réseau et la partie mesure. La solution est d'utiliser une sonde différentielle de tension (Fig. 3) que l'on prendra soin d'alimenter en 5V via une cordon avec une fiche inch fabrication maison.



Fig. 3 : Sonde différentielle de tension alimentée en 5V continu.

La tension de sortie de la sonde  $v_m(t)$  est proportionnelle à l'écart entre  $v^+$  et  $v^-$ . Le schéma devient alors

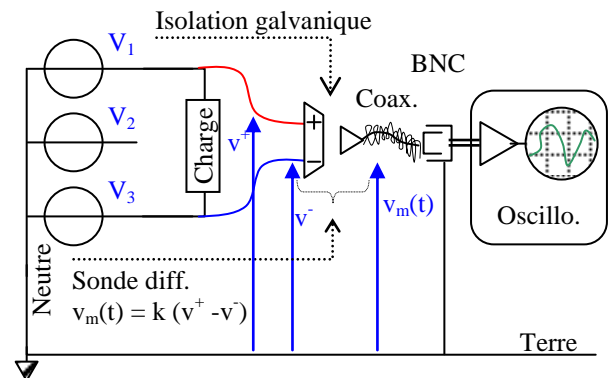


Fig. 4 : Montage pour la visualisation d'une tension non isolée avec une sonde différentielle.

### 2/ Visualisation du courant

La visualisation du courant peut s'effectuer par une mesure de tension aux bornes d'une résistance via une sonde différentielle. Cependant, la résistance n'est pas connue avec précision. Il existe aussi une pince de courant (Fig. 5) dont la tension sortie est proportionnelle au courant. Leur principe de fonctionnement est basé sur la mesure du flux engendré par le courant mesuré avec une sonde à effet Hall.



Fig. 5 : Pince de courant.

## II / Présentation du matériel

### 1/ Autotransformateur et Alternostat

Un autotransformateur est un transformateur constitué d'un seul enroulement jouant à la fois le rôle de primaire et de secondaire Fig. 6.

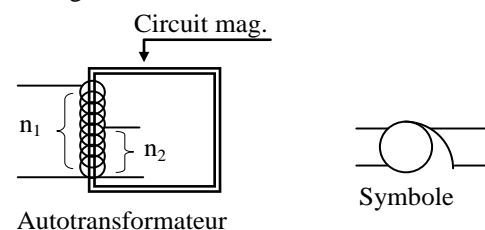


Fig. 6 : structure d'un autotransformateur.

Cela a pour avantage d'être moins volumineux pour la même puissance apparente, mais comme gros inconvénient de ne pas créer d'isolation galvanique entre le réseau et le circuit

secondaire. La relation de fonctionnement est la même que pour un transformateur.

$$m = \frac{n_2}{n_1}$$

L'alternostat est un autotransformateur où le nombre de spires au secondaire est réglable Fig. 7. On a alors un rapport de transformation réglable.

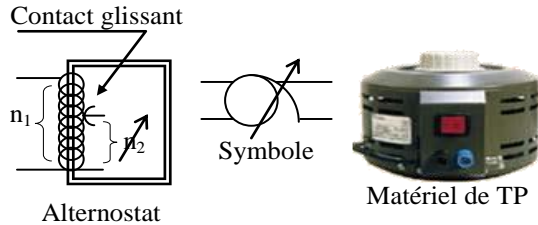


Fig. 7

## 2/ Charges

### a) Considération de puissance

Lors de vos différents essais vous utiliserez des éléments de charges R – L – C. Ces dispositifs sont conçus pour supporter les tensions et les courants « importants » que vous manipuler (230-400 V, 0-4A). Il faut bien prendre conscience que ce sont des valeurs loin des ordres de grandeurs habituels en électronique. Les matériels sont toujours calibrés en puissance et en tension nominales. Il faut toujours vérifier l'accord des tensions et des courants mis en jeu sur toute la chaîne du circuit électrique.

### b) Banc de charge

Le banc de résistance (Fig. 8) est un ensemble de résistances mises en série et/ou parallèle. Le banc peut être utilisé sous différents réseaux, dont la sélection est réalisée par des cavaliers.

#### Remarque

Le réglage s'effectue en pourcentage de la puissance nominale lorsque le banc est soumis à la tension nominale.



# Consignes de Sécurité

## I / Dangerosité de l'électricité

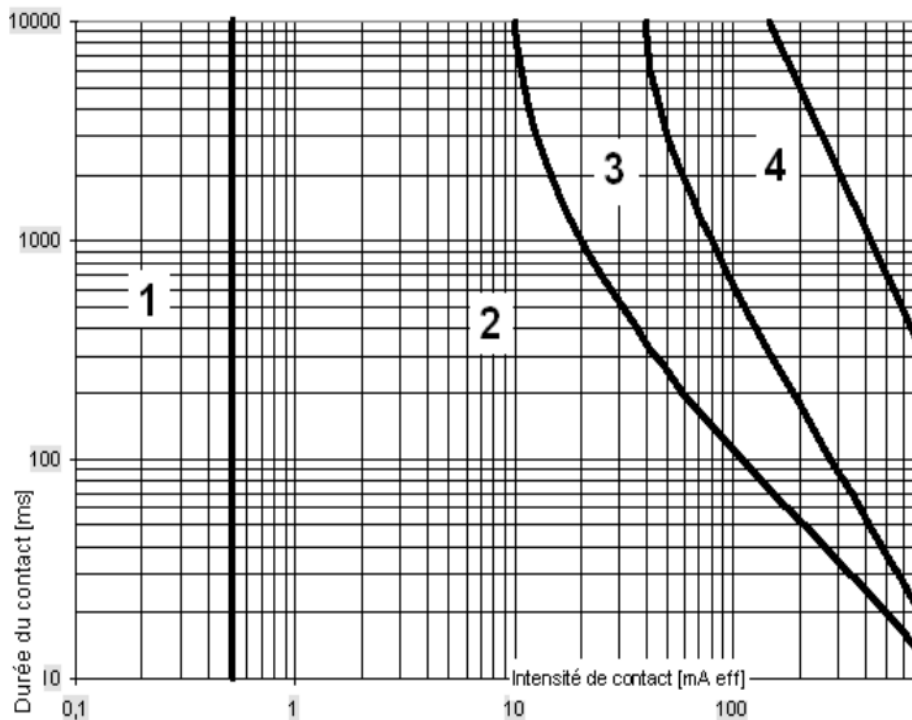
### 1/ Rappel important

Cette partie rappelle les principales consignes de sécurité à respecter lors d'une séance de travaux pratiques d'électricité, notamment dans le cas où des tensions importantes sont requises.

#### Rappel important :

Toute tension sinusoïdale de valeur efficace supérieure à 50 V, ou toute tension continue supérieure à 100 V, présente un réel danger mortel pour l'utilisateur.

Le temps d'exposition est un élément significatif de la dangerosité du passage du courant au travers le corps humain.



- 1 - Aucune réaction
- 2 - Aucun effet physiologique
- 3 - Pas de risque de défibrillation cardiaque
- 4 - Risque de fibrillation dans 50 % des cas
- 5 - Risque de fibrillation

#### Fibrillation cardiaque :

La fibrillation est un trouble cardiaque qui fait battre le cœur de manière irrégulière, qui lui fait perdre sa fonction de pompe. Décès après 5 minutes.

**ATTENTION**  
[ms]  
[mA]

### 2/ Conclusion

**Tout tâtonnement ou essai sans analyse de ce qui va se passer est INTERDIT en électrotechnique / électronique de puissance**  
**En cas de moindre doute, se renseigner auprès de l'enseignant AVANT de commettre une grave erreur de manipulation pour le matériel ou pour soi-même pouvant entraîner des dégradations irréversibles sur l'humain.**

De plus, l'utilisation de machines tournantes impose des tenues appropriées :

- Cheveux longs attachés,
- Vêtements très amples proscrits,
- Prendre garde à tout objet qui pourrait s'accrocher dans l'axe d'un rotor,
- Chaînes ou colliers qui pendouillent sur des éléments sous tensions

## II / Complément sécurité électrique

### a) Éduquer la sécurité

Ce n'est pas :

- Interdire sans expliquer
- Autoriser sans expliquer
- Banaliser les gestes habituels
- Surprotéger et déresponsabiliser.

C'est :

- Construire mentalement des représentations avant toutes interventions sur un montage, afin d'en prévoir les conséquences.
- Critiquer un comportement ou une méthode afin de les améliorer au plan de la sécurité.

## b) Les différents accidents

### Electrisation

C'est l'effet excito-moteur, c'est-à-dire l'action de stimulation du courant sur les muscles ou les nerfs ; selon l'intensité du courant on distingue :

- Secousse électrique ( $I > 0,5 \text{ mA}$ )
- Contractions musculaires ( $I > 10 \text{ mA}$ )
- Tétanisation des muscles respiratoires ( $I > 30 \text{ mA}$ )
- Fibrillation ventriculaire ( $I > 100 \text{ mA}$ )
- Arrêt du cœur ( $I > 1 \text{ A}$ )

### Brûlures

Il y a plusieurs sources de brûlure.

- Brûlure par arc ou par projection de matière fondue.
- Brûlures électrothermiques : elles sont provoquées par l'énergie dissipée par effet Joule dans le corps ( $W = U.I.t$ ).

### Effets secondaires

- Complications cardio-vasculaires
- Complications rénales
- Troubles psychiques ou organiques.

## c) Evaluation des risques.

Quatre paramètres interdépendants influent sur le niveau des risques :

- $I_c$  : courant qui circule dans le corps humain
- $U_c$  : tension appliquée au corps
- $R$  : résistance du corps humain ( $R_{\text{interne}} + R_{\text{peau}}$ )
- $t$  : temps de passage du courant dans le corps

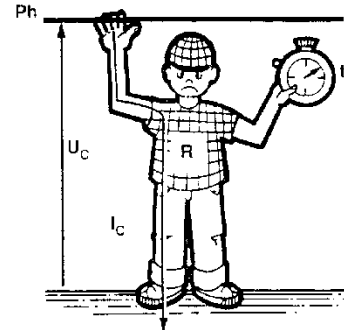


Fig. 9 : Visualisation des risques électriques sur le corps humain.

## d) Données normalisées pour la sécurité

### Relation temps / courant

Il existe un lien entre les effets physiologiques et le niveau de courant ainsi que le temps de passage du courant.

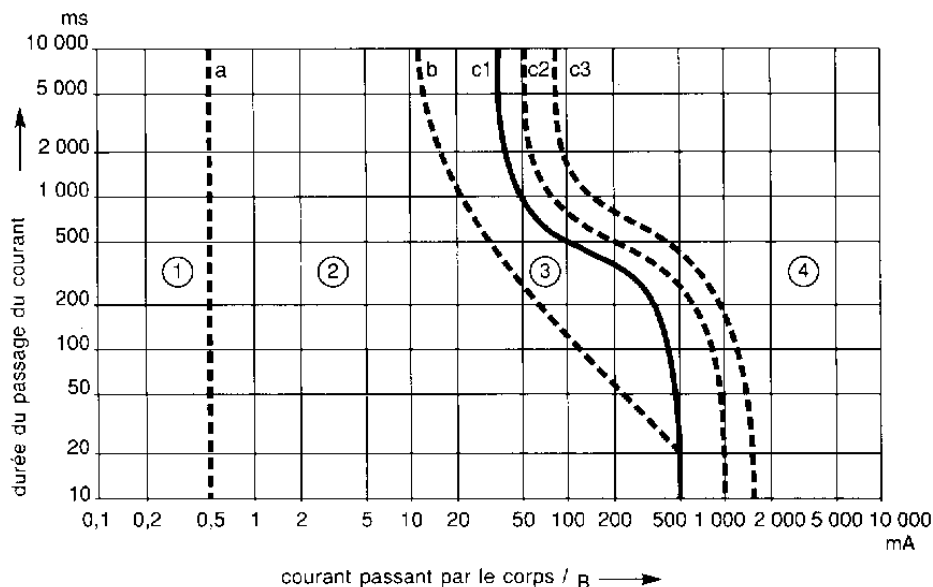


Fig. 10 : Relation temps de passage du courant et l'intensité de ce courant ; unité du courant en mA.

Les courbes Fig. 10, issues de la norme CEI 479, illustrent la relation  $t=f(I_c)$  et déterminent quatre zones.

### Zone 1 :

- Le courant de choc est inférieur au seuil de perception ( $I_c < 0,5 \text{ mA}$ ). Il n'y a pas de perception du passage du courant dans le corps : **aucun risque**.

### Zone 2 :

- Le courant est perçu sans réaction de la personne : habituellement, aucun effet physiologique dangereux.

### Zone 3 :

- Le courant provoque une réaction : la personne ne peut plus lâcher l'appareil en défaut. Le courant doit être coupé par un tiers afin de mettre la personne hors de danger : habituellement sans dommage organique,

mais probabilité de contractions musculaires et de difficultés respiratoires.

### Zone 4 :

- En plus des effets de la zone 3, la fibrillation ventriculaire augmente de 5% des cas pour la courbe  $C_2$ , 50 % des cas pour la courbe  $C_3$ , et plus de 50% au-delà de cette dernière courbe, d'où des effets pathophysiologiques importants tels qu'arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves.

### Relation entre le temps / tension

Il existe une relation entre le temps d'exposition non dangereuse et la tension présente. Selon le type de local, la norme NFC 15-100 précise, pour une tension d'alimentation

en courant alternatif, deux valeurs de tensions limites conventionnelles de sécurité  $U_L$  :

- -  $U_L = 25\text{ V}$  pour les locaux mouillés,
- -  $U_L = 50\text{ V}$  pour les locaux secs.

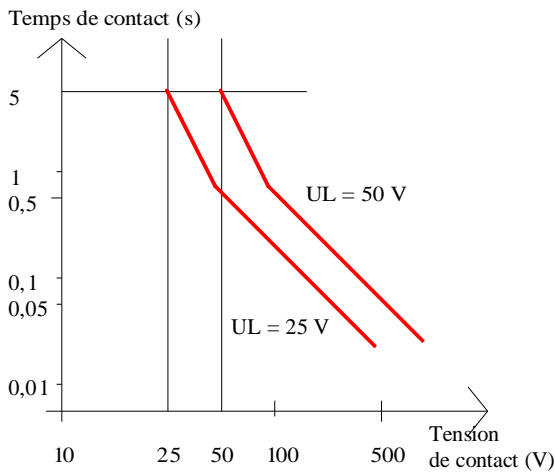


Fig. 11 : Relation temps / tension.

Ces tensions, non dangereuses dans des environnements précis, définissent des courbes où les risques sont contrôlés en fonction du temps de passage du courant dans le corps. Pour des risques plus importants des alimentations en Très Basse Tension de Sécurité (TBTS) peuvent être requises : 12 V pour les endroits immergés, 25 ou 50 V pour les locaux humides ou secs. Les courbes de la figure Fig. 11, illustrent la relation  $t = f(U_c)$ . En courant continu lissé, les tensions limites conventionnelles sont respectivement 60V et 120V suivant qu'il s'agit de locaux ou emplacements de travail mouillés ou non.

#### Résistance du corps humain et la tension de contact

La résistance du corps humain varie suivant que la peau est sèche ou humide, mouillée ou immergée. La valeur minimale de la résistance du corps humain est  $325\ \Omega$  lorsque le corps est immergé, par exemple dans des salles de bains ou des piscines. La figure Fig. 12, donne les courbes donnant la relation  $R = f(U_c)$  entre la résistance du corps humain et la tension de contact.

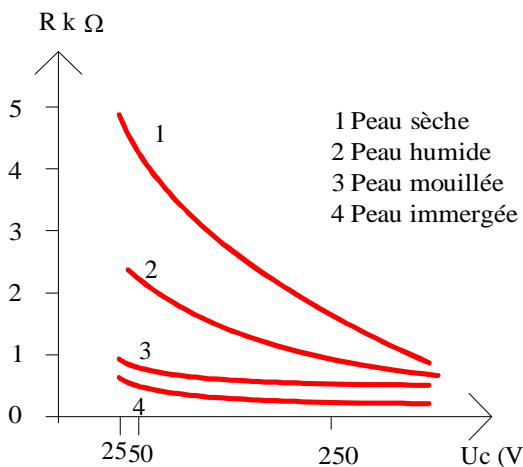
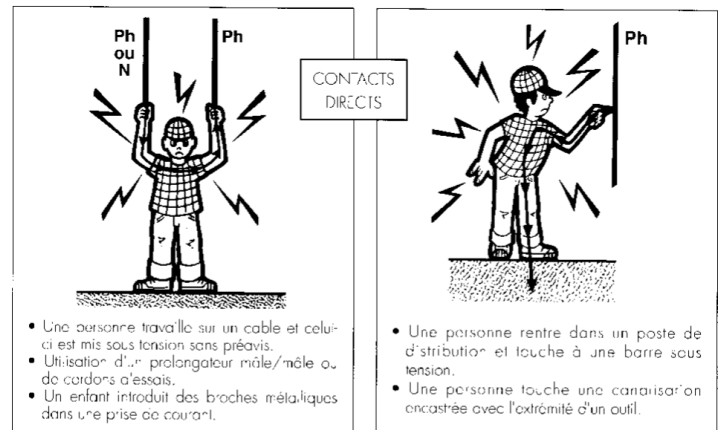


Fig. 12 : Relation résistance corps humain / tension.

#### Différent type de mise sous tension du corps humain

##### Accidents liés à l'imprudence et à la maladresse de l'utilisateur.



##### Accidents liés seulement à l'état du matériel employé.

