

PolyTech- Sfax CIF (Centre d'Ingénierie et de Formation)



Dans sa stratégie de l'amélioration constante de la qualité des enseignements et dans le souci de donner à la pratique la place qui lui sied dans toutes ses formations, l'Institut Polytechnique Privé des Sciences Avancées -IPSAS- est fier d'avoir mis en œuvre un centre de Travaux pratiques unique en Tunisie.

Deux étages de 450m² chacun, contenant 19 Laboratoires équipés par du matériel à la pointe de la technologie pour la plupart, Ce centre a nécessité un investissement d'environ 900 milles dinars

**Institut Polytechnique Privé des Sciences
Avancées de Sfax -Tunisie**

10 January 2023

Table des Matières

<u>PolyTech-Sfax CIF (Centre d'Ingénierie et de Formation)</u>		
<u>Laboratoire</u>	<u>Désignation</u>	<u>Page</u>
Laboratoire 1	Régulation et instrumentation	2
Laboratoire 2	Automatisme industriel	5
Laboratoire 3	Schémas électriques	7
Laboratoire 4	Circuits logiques	8
Laboratoire 5	Mécaniques des fluides	10
Laboratoire 6	Métallurgie et traitement thermique	11
Laboratoire 7	Résistance des matériaux	12
Laboratoire 8	LAB 3D - CAO/DAO	13
Laboratoire 9	Électronique	14
Laboratoire 10	Conception et Transmission mécanique	16
Laboratoire 11	Chimie	21
Laboratoire 12	Transfert Thermique	25
Laboratoire 13	Photovoltaïque	27
Laboratoire 14	Soudure	29
Laboratoire 15	Moulage	30
Laboratoire 16	Matériaux de construction	31
Laboratoire 17	Béton Armé	34
Laboratoire 18	Mécanique des sols	38
Laboratoire 19	Topographie	39

Laboratoire 1: Régulation et instrumentation



Ce laboratoire permet de réaliser des travaux pratiques en Régulation et Instrumentation. Il comporte quatre manipulations de Régulation et quatre d'instrumentation.

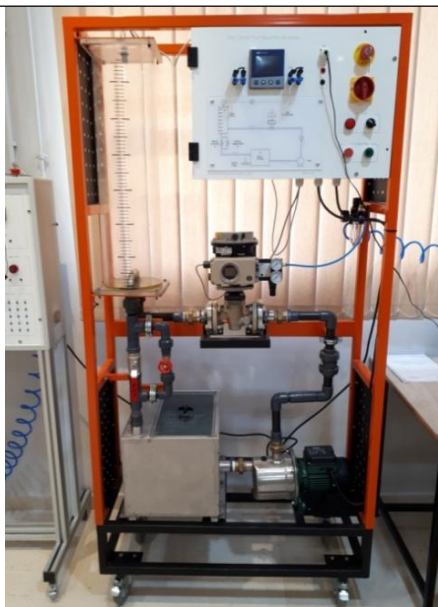


4 Bancs didactique pour l'étude de l'instrumentation industrielle :

Ce banc didactique permet d'étudier les bases de l'instrumentation industrielle. Le pupitre contient la majorité des composants utilisés dans la conversion des signaux normalisés électrique/pneumatique et de conditionnement des capteurs.

Ce banc a pour objectifs :

- Étudier et mettre en œuvre un ensemble d'instrument industriel
- Étudier des capteurs de type P/I, I/P et universel.
- Étudier les régulateurs industriels utilisés (DELTA ou EUROTHERM).
- Étudier et mettre en œuvre un processus thermique.
- Mettre en œuvre les mesures avec les logiciels fournis avec le régulateur ou le capteur universel.
- Évaluation des différents éléments fournis, étude de leurs caractéristiques, et de leurs applications pratiques.



Un Banc de régulation de niveau :

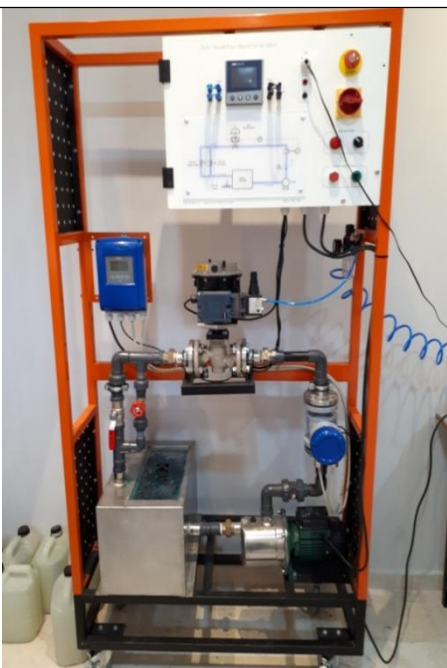
Le banc d'essai de régulation de niveau, constitue une introduction expérimentale étendue aux principes de base de la technique de régulation à l'exemple d'une régulation de niveau.

Ce banc a pour objectifs :

- L'Initiation aux composants industriels actuels de la technique de régulation : régulateurs, transducteurs de mesure, composants de réglage...
- Commande et paramétrage d'un régulateur numérique moderne à grand spectre de fonctions (P, PI et PID).

Il permet aussi de faire :

- L'étude des caractéristiques de la boucle de régulation ouverte et fermée.
- L'étude de l'influence des différents paramètres de régulateur sur la stabilité, la rapidité et la précision du système



Un banc de régulation de débit BRD-06-00 :

Le banc d'essai de régulation de débit, constitue une introduction expérimentale étendue aux principes de base de la technique de régulation à l'exemple d'une régulation de débit. Une pompe véhicule de l'eau d'un réservoir d'alimentation à travers un système de tuyauteries. Le débit est détecté par un capteur de débit électromagnétique qui autorise, par l'émission d'un signal électrique normalisé, le traitement de la valeur de mesure. Comme régulateur, on utilise un régulateur numérique industriel moderne. L'actionneur est une vanne de régulation.

Ce banc a pour objectifs :

- Initiation aux composants industriels actuels de la technique de régulation de débit : régulateurs, transducteurs de pression, vanne pneumatique, positionneur électropneumatique, débitmètre électromagnétique et les composants de réglage...
- Mesurer les pertes de charge et le débit
- Détermination de la courbe caractéristique de la vanne
- Commande et paramétrage d'un régulateur numérique moderne à grand spectre de fonctions (P, PI et PID).
- Étudier le régulateur par les méthodes d'identification (BROIDA, STREJEC et ZEIGLER-NICHOLS...)



Un banc d'essai de régulation de pression industriel BRP-01-00

Le banc d'essai de régulation de pression, constitue une introduction expérimentale étendue aux principes de base de la technique de régulation à l'exemple d'une régulation de pression. Une pompe véhicule de l'eau d'un réservoir d'alimentation à travers un système de tuyauteries. La pression est détectée par un capteur de débit électromagnétique qui autorise, par l'émission d'un signal électrique normalisé, le traitement de la valeur de mesure. Comme régulateur, on utilise un régulateur numérique industriel moderne. L'actionneur est une vanne de régulation.

Ce banc a pour objectifs :

- Initiation aux composants industriels actuels de la technique de régulation de pression : régulateurs, transducteurs de pression, vanne pneumatique, positionneur électropneumatique, débitmètre électromagnétique et les composants de réglage...
- Mesurer les pertes de charge et le débit
- Détermination de la courbe caractéristique de la vanne
- Commande et paramétrage d'un régulateur numérique moderne à grand spectre de fonctions (P, PI et PID).
- Étudier le régulateur par les méthodes d'identification (BROIDA, STREJEC et ZEIGLER-NICHOLS...)



Un banc de régulation de température BRT-03-00

Le banc d'essai de régulation de température, constitue une introduction expérimentale étendue aux principes de base de la technique de régulation à l'exemple d'une régulation de température.

Ce banc a pour objectifs :

- L'initiation aux composants industriels actuels de la technique de régulation : régulateurs, transducteurs de mesure, composants de réglage...
- Commande et paramétrage d'un régulateur numérique moderne à grand spectre de fonctions (P, PI et PID).

Il permet aussi de faire :

- L'étude des caractéristiques de la boucle de régulation ouverte et fermée.
- L'étude de l'influence des différents paramètres de régulateur sur la stabilité, la rapidité et la précision du système.

Laboratoire 2: Automatisme industriel



Ce laboratoire permet de réaliser des travaux pratiques en Automatisme industriel.

4 Bancs d'étude des capteurs électriques ECE :



Le banc est conçu spécifiquement pour les formations en automatismes et instrumentation.

Il s'agit de mettre en œuvre des capteurs industriels pour piloter de systèmes automatisés destinés à des travaux pratiques pour des étudiants.

L'étudiant peut câbler, raccorder et configurer lui-même les organes de fonctionnement des différents capteurs en toute sécurité. Il est conçu pour permettre à l'utilisateur de réaliser des mesures.

Différentes technologies de capteurs de proximité sont mises en œuvre pour être comparées. L'ensemble des capteurs de proximité est disposé autour d'une grille.

Le banc peut être câblé avec un autre banc d'automate programmable de type API-08.

4 simulateurs d'automate programmable S7-1200 :



Le simulateur d'automate programmable de type Siemens API-08 est conçu spécifiquement pour les formations en informatique industrielle.

Il s'agit de mettre en œuvre d'un automate pour piloter de systèmes automatisés destinés à des travaux pratiques pour des étudiants.

Les informations concernant les systèmes d'exploitation des CPU, la conception de programme et les fonctions de communication et de diagnostic des CPU (logiciel TIA portal du système pour SOMATIC S7-1200).

La maquette peut être connectée à d'autres maquettes d'application.



Banc de station de tri BST-02 :

Le banc permet la manipulation des pièces de différentes couleurs et matières.

Le système de tri BST-02 est conçu pour être raccordé à un pupitre de commande et un automate programmable de type API-08.

Le raccordement de la partie opérative peut se faire par câbles et des connecteurs SUB-d. le raccordement de pupitre est réalisé un moyen de cordons sécurisé sur la face avant du support de l'automate. On a choisi de raccorder la partie opérative sur la face avant du support de l'automate. On a choisi de raccorder la partie opérative avec le banc au moyen des connecteurs SUB-d 25, pour réduire volontairement les erreurs de câblage du manipulateur avec l'automate programmable didactique.

Seuls les capteurs essentiels au bon fonctionnement du système de tri seront pris en compte et l'ajout des fonctions de temporisation ou de comptage dans le programme.



Manipulateur Pneumatique de pièces à base rotative :

Le bras manipulateur pneumatique à base rotative permet la manipulation de pièce salant jusqu'à une masse de 1 kg selon cinq axes. Il est composé d'un corps rotatif qui entraîne un axe vertical, un axe horizontal et une pince rotative avec deux positions de préhension.

Le manipulateur pneumatique MPR-01 est conçu pour être raccordé à un pupitre de commande et un automate didactique.

Le raccordement de la partie opérative peut se faire par câbles et des connecteurs SUB-D. Le raccordement du pupitre est réalisé au moyen de cordons sécurisé sur la face avant du support de l'automate API-08. On a choisi de raccorder la partie opérative avec le banc au moyen des connecteurs SUB-D 25, pour réduira volontairement les erreurs de câblage du manipulateur avec l'automate programmable didactique.

Seul les cinq fins-de-courses essentiels au bon fonctionnement du manipulateur seront pris en compte et l'ajout de temporisation dans le programme sera nécessaire.

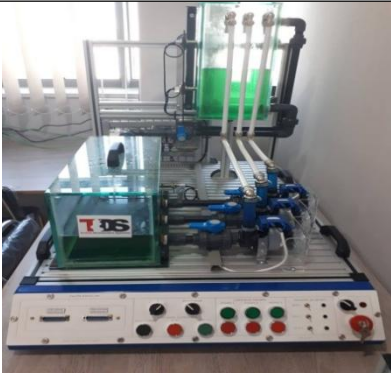


Banc didactique pour variation de vitesse :

Le système s'articule autour d'un moteur asynchrone qui peut être piloté par un variateur de vitesse.

Le pupitre de commande avec éléments de commande classique.

La face avant est dédiée au câblage du circuit de puissance du moteur et du circuit de commande avec la possibilité du câblage vers un automate programmable.

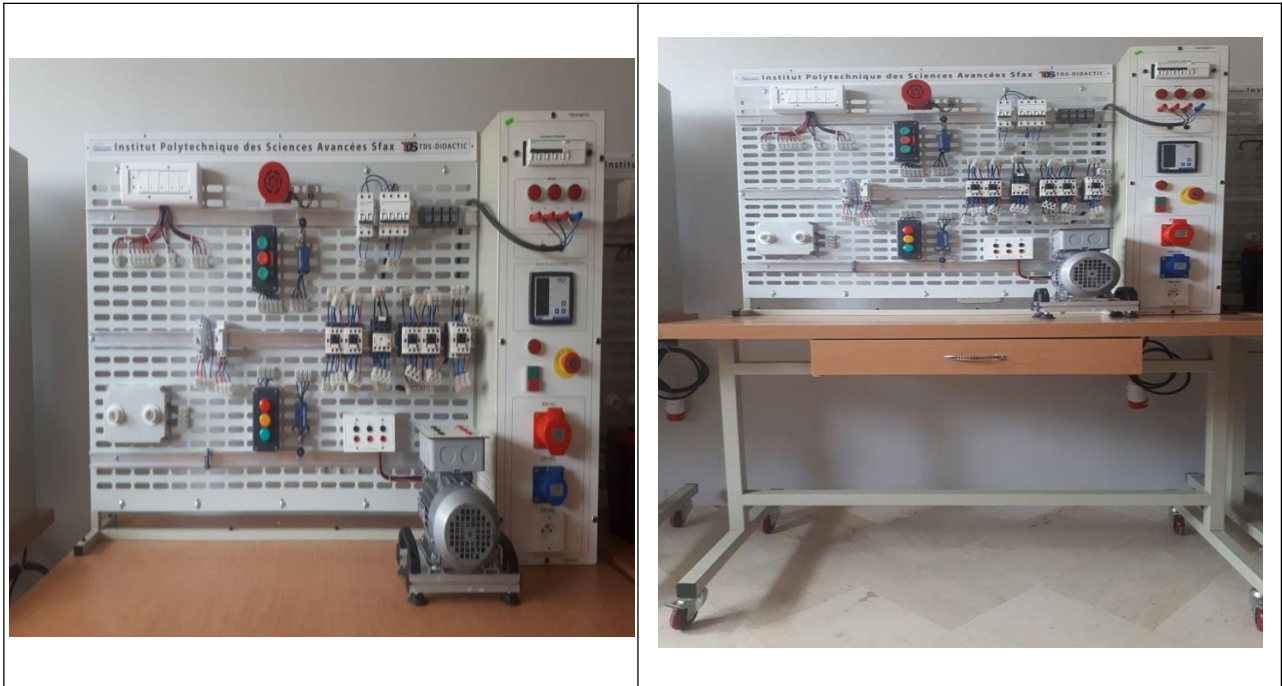


Banc station de pompage BSP :

Il s'agit de mettre en œuvre des capteurs industriels pour piloter de systèmes automatisés destinés à des travaux pratiques pour des étudiants. Ce banc est Inspiré d'une station de pompage constituée de 3 pompes qui refoulent dans un Réservoir à partir d'un forage. Les pompes peuvent fonctionner en alternance et selon le niveau dans le réservoir désiré. Le banc peut être câblé avec le banc d'automate programmable API-08 conçu par TDS.

Laboratoire 3: Schéma électrique

Le laboratoire regroupe 10 bancs. Chaque banc comporte deux parties indépendantes :



Partie schémas industriels: Comporte les différents constituants entrant dans les schémas classiques d'un départ-moteur (démarrage direct, démarrage étoile triangle, démarrage avec résistance statorique et rotorique en 1 sens et en 2 sens, démarrage moteur double vitesse...). Et qui permet la mise en œuvre des schémas demandés et l'association des constituants de commande et de puissance.

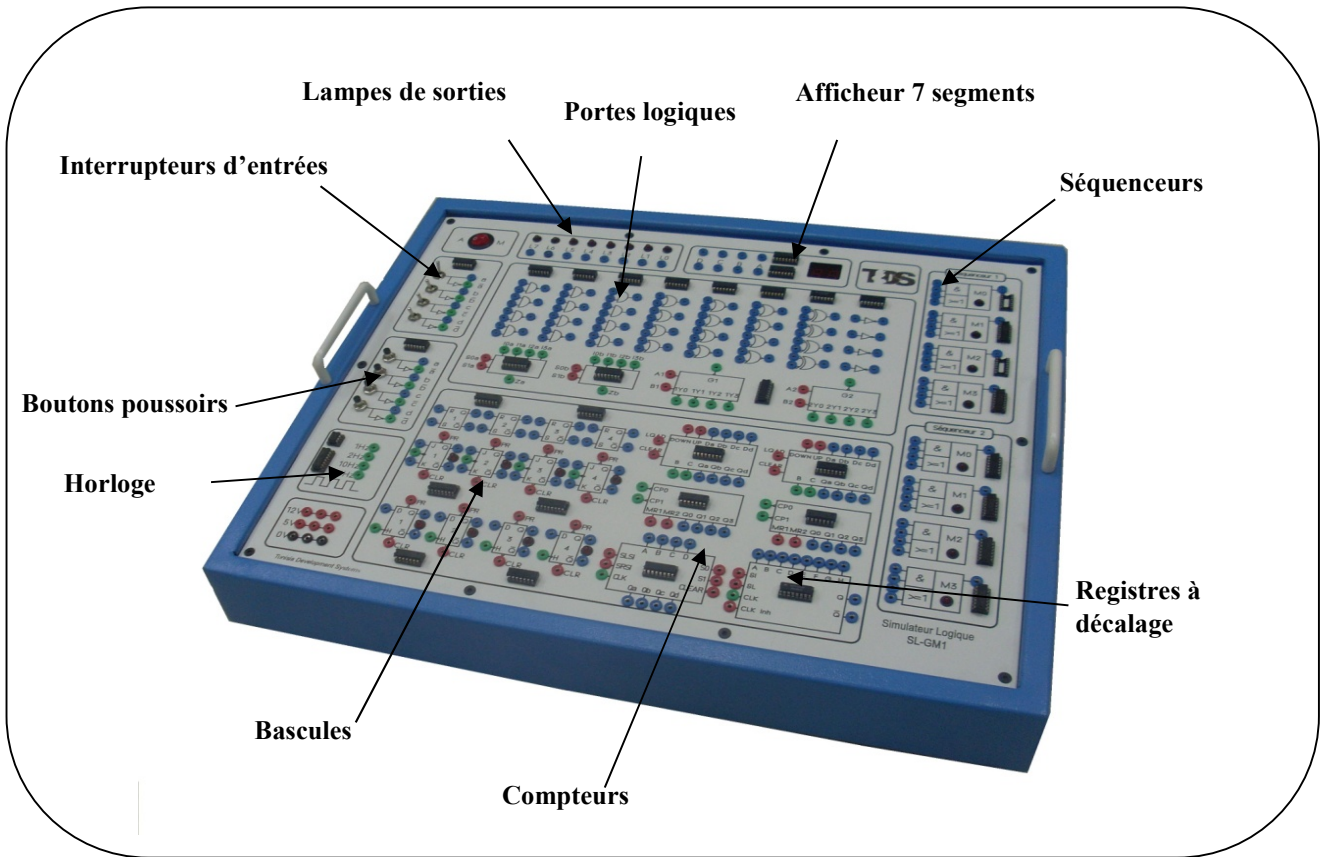
Partie électricité de bâtiment: Comporte les différents constituants entrant dans les schémas classiques des circuits d'éclairages domestiques (simple éclairage ; double éclairage, va et vient, télérupteur et éclairage avec minuterie...). Les accessoires de câblages utilisés répondent aux normes de sécurité : pas de possibilité de contact direct avec une tension dangereuse.

Le banc regroupe :

- un moteur asynchrone à cage 400/660V 300W
- un moteur asynchrone à bague 400/660V 300W

Laboratoire 4: Systèmes logiques

5 Simulateurs Logiques



Le **simulateur logique (SL-GM1)** est une maquette qui permet l'étude et la synthèse des fonctions numériques combinatoires et séquentielles. Il est constitué par un panneau en bakélite, sur lequel sont montés les circuits intégrés. Ces composants sont câblés sur des bornes de sécurité 2mm, avec des symboles sérigraphiés pour simplifier le montage des circuits avec des cordons de raccordement.

Logique combinatoire	
Désignation	Quantité
Porte AND	4
Porte NAND	8
Porte OR	4
Porte NOR	8

Bascules	
Désignation	Quantité
Bascule RS	4
Bascule JK	4
Bascule D	4

Compteurs	
Désignation	Quantité
Synchrone	1
asynchrone	1

Registres	
Désignation	Quantité
Registre 4 bits	1
Registre 8 bits	1

Séquenceurs	
Désignation	Quantité
4 étapes	2

Blocs fonctionnels	
Désignation	Quantité
Interrupteur	4
Bouton poussoir	4
Horloge	1
Voyant à LED	8
Afficheur 7 segments	2

Ce TP de Circuits Logiques a pour objectif de se familiariser avec les différentes structures de la logique combinatoire et séquentielle.

Les circuits que nous nous proposons d'étudier font partie de la famille des circuits dits "logiques". Ceux-ci sont caractérisés par le fait que leurs tensions d'entrée ou de sortie ne peuvent prendre que deux valeurs appelées niveaux logiques. La convention de logique positive définit comme suit :

- ☞ niveau bas : absence de tension : niveau 0
- ☞ niveau haut : présence de tension : niveau 1

La 1^{ère} partie de ce TP s'intéresse à la logique combinatoire, elle permet de :

- Faciliter la compréhension du fonctionnement des systèmes logiques combinatoires. Un système combinatoire est tel que l'état de ses sorties ne dépende que de l'état des entrées;
- Mettre sous forme de tableau les différentes combinaisons possibles pour les entrées d'un circuit ainsi que la valeur qui en résulte en sortie. Ce tableau est appelé table de vérité du circuit considéré avec lequel on va réaliser le câblage et déduire la fonction de chaque circuit ;
- Etudier des fonctions de comparaison, décodage, multiplexage et démultiplexage à partir des exemples d'applications.

La 2^{ème} partie s'intéresse à la logique séquentielle elle a comme objectifs :

- Distinguer la différence entre les systèmes combinatoires et les systèmes séquentiels. Un système séquentiel dépend non seulement des entrées, mais aussi des états précédents du système (notion de séquence et d'étapes d'où la terminologie « séquentielle ») ;
- L'étude de l'élément de base de la logique séquentielle qui est la bascule. Les bascules sont des éléments séquentiels simples qui réalisent une fonction de mémorisation. L'intérêt des bascules réside principalement dans leur utilisation pour réaliser des systèmes complexes à savoir les compteurs asynchrones et les compteurs synchrones ;
- Un système sera asynchrone si l'état des sorties change à des instants quelconques. Ainsi une modification des variables d'entrées entraîne le système à un nouvel état. Un système sera synchrone si les modifications des variables de sorties ne peuvent s'effectuer qu'à des instants bien déterminés. Ces instants peuvent être fixés par un signal de synchronisation appelé horloge.

Laboratoire 5: Mécanique des fluides



Le banc permet l'étude des pertes de charge de différents composants d'un circuit hydraulique: conduites linéaires, Coudes, vannes, filtres, venturis ... Une pompe aspire de l'eau contenue dans un bac et l'envoie dans un circuit hydraulique comportant tous les composants.

Le banc est équipé d'une prise de mesure de pression différentielle avec raccords rapide parfaitement étanche et d'un manomètre à colonne d'eau avec graduation.

Un débitmètre à flotteur permet la lecture du débit de l'eau, le manomètre permet de déterminer la différence de pression aux bornes des différents composants.

Les composants principaux du banc sont :

- Un bac de capacité 40L
- Une pompe centrifuge de 0,85 kW
- Flexibles équipé de raccords rapides à double obstruction
- Quatre conduites en PVC avec différents diamètres et rugosités
- Deux types de vannes (à boisseau sphérique, à opercule)
- Filtre à tamis à siège incliné
- Débitmètre à flotteur (6000 l/h)

Laboratoire 6 : Métallurgie et traitements thermiques

Le traitement thermique d'un matériau est un groupe de procédés industriels utilisés pour modifier les propriétés physiques et parfois chimiques de ce dernier. Ce traitement est utilisé lors de la fabrication des matériaux comme le verre, le bois, les aliments et surtout les métaux.

Le traitement thermique implique l'utilisation du chauffage et/ou du refroidissement, normalement à des températures extrêmes, pour obtenir le résultat souhaité, tel que la modification de la friabilité, de la dureté, de la ductilité, de la fragilité, de la plasticité, de l'élasticité ou de la résistance mécanique des matériaux.

Les traitements thermiques jouent également un rôle important dans le domaine de la tribologie.

Objectifs

Les étudiants dans les filières de technologie et en particulier les étudiants en génie mécanique sont sensés de connaître les traitements thermiques et leur rôle sur la modification de la structure du matériau. La modification de la structure conduit directement à la modification des propriétés mécaniques. Le but de ce TP est de permettre à l'étudiant de prendre connaissance des différents types de traitements thermiques ordinaires nécessaires et de voir leur influence sur le changement de l'état structural.

Matériels utilisés

			
Micro-duromètre	Microscope inversé	Four de traitement thermique	Polisseuse d 250 mm

Laboratoire 7: Résistance des Matériaux

Ce laboratoire permet de réaliser des travaux pratiques en :

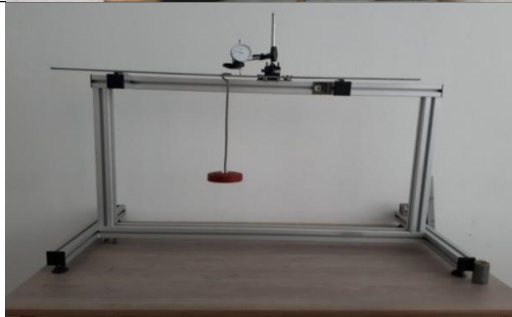


Machine de traction 50 kN: (traction, compression, flexion 3 points) :

L'essai de traction est certainement l'essai le plus fondamental. Il sert à déterminer les principales caractéristiques mécaniques telles que le module d'élasticité, le coefficient de Poisson, la limite d'élasticité, la résistance à la rupture et l'allongement après rupture.

Cet essai a comme objectif :

- De faire connaître le fonctionnement d'une machine de traction.
- De mettre en évidence des domaines élastique et plastique de la loi de comportement des matériaux étudiés (l'acier, (cuivre ou laiton) et aluminium)
- La détermination des caractéristiques mécaniques des matériaux étudiés.
- L'interprétation des résultats obtenus.



Banc d'essai de flexion :

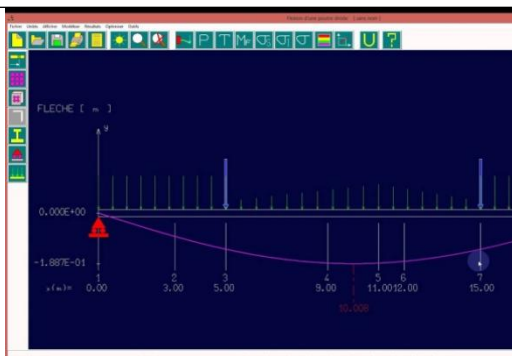
- Se familiariser avec l'appareil d'étude de flexion des poutres (les pièces constitutives, mode d'emploi ...)
- Bien maîtriser les étapes qui mènent à l'élaboration des différents essais
- Savoir exploiter les connaissances théoriques acquises



Banc d'essai de torsion :

Étude des caractéristiques d'une éprouvette soumise à une sollicitation de torsion. Cette expérience permet de :

- Tracer les courbes d'essai de torsion pour des matériaux différents (acier et laiton).
- Déterminer une valeur expérimentale du module d'élasticité transversale et de la limite de cisaillement.
- Déterminer l'énergie nécessaire pour déformer une éprouvette en torsion.



Station de calcul de RDM :

RDM-Flexion est un logiciel destiné à l'analyse statique, par la méthode des éléments finis, des poutres droites sollicitées en flexion simple.

Laboratoire 8: LAB 3D CAO/DAO



Matériels et logiciels

- Deux imprimantes 3D
Volume de construction est de 200 x 200 x 200 mm
- Deux scanners 3D
La plateforme tournante automatique à 360° et la technologie de balayage laser double détectent sans erreur tous les moindres détails de l'objet à numériser
- Solidworks - CATIA – TopSolide
Logiciels de conception CAO

Prototypage rapide : Scannage et impression 3D

Le prototypage rapide est un terme généraliste. Dans le domaine de la plasturgie, il s'agit de la production de pièces en 3D et de petites séries de pièces techniques, au moyen de divers procédés de fabrication.



Le principe est de réaliser un prototype pour simuler des pièces séries, permettant de valider les caractéristiques d'une pièce tel que son fonctionnement et son design.

Le terme « rapide » est important dans cette appellation. Cela signifie que les pièces sont obtenues sous des délais très courts, présentant l'avantage de valider au plus vite les différentes phases de développement d'un projet avant l'étape d'industrialisation.

Laboratoire 9: Électronique Numérique et Analogique



Le matériel cité permet aux étudiants de réaliser les TP d'électronique analogique durant leur période de formation. Ceci leur permet aussi de se familiariser avec le milieu professionnel. Ces TP font parties de l'unité d'enseignement de l'électronique analogique et numérique.

Le matériel fourni sur chaque pupitre est le suivant :

- Un oscilloscope Numérique OX 6062 (Metrix) Figure1
- Un générateur de fonction GX 320 (GBF Metrix) Figure2
- Un multimètre à table MX 553 (Metrix) Figure3
- Une alimentation stabilisée AX 502 (Metrix) Figure4
- Un multimètre de poche DMM220 (Metrix) Figure 5



Figure1



Figure2



Figure 3



Figure 4



Figure 5

Les TP réalisés sont les suivants :

➤ Circuits passifs

L'objectif est de se familiariser avec les appareils classiques de laboratoires utilisés en électronique : on s'intéresse dans un premier temps aux appareils eux-mêmes, puis l'étude temporelle et fréquentielle des filtres passifs (RC, CR, RL et RLC).

➤ **DIODE A JONCTION**

On s'intéresse dans un premier lieu de déterminer la caractéristique directe et inverse de diverses modèles de diode. Dans un second lieu, on s'intéressera aux montages fondamentaux des diodes tel que : le redressement, stabilisation et écrêtage.

➤ **TRANSISTOR BIPOLAIRE EN AMPLIFICATION**

Différents montages sont étudiés tel que: amplificateur émetteur commun, amplificateur deux étages, amplificateur de puissance.

➤ **AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL: Caractéristiques et fonctionnement en régime linéaire.**

L'objectif est d'étudier le fonctionnement d'un amplificateur opérationnel (AO) en régime linéaire. Ce TP met en valeur les principales propriétés et limitations dynamiques de l'AO.

➤ **FILTRES ACTIFS**

L'objectif est de réaliser plusieurs structures actives à base d'amplificateurs opérationnels pour effectuer le filtrage de signaux analogiques. Le phénomène de résonance est mis en évidence à travers une structure active du 2^{ème} ordre.

➤ **AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL: Les applications de l'amplificateur en régime saturé.**

Il s'agit ici de manipuler l'amplificateur opérationnel en régime non linéaire essentiellement pour deux types d'applications : le comparateur et les oscillateurs. Dans tous les cas, les amplificateurs pourront être considérés comme quasi-idéaux.

ELECTRONIQUE DE COMMUTATION

Une étude sur les composants en commutation sera réalisée tel que la cellule RC en régime transitoire, la diode et le transistor en commutation ainsi que l'amplificateur opérationnel en régime non linéaire. Une étude des circuits monostables et astables à base de NE-555 fera l'objectif de la deuxième partie. En finira par la réalisation de quelque porte logique de base en utilisant les composants en commutation.

TP 1: Les transistors en commutation

TP 2: L'AOP en commutation

TP 3: Fonctions de commutation à base de circuits logiques

TP 4: Applications du NE555

ELECTRONIQUE ANALOGIQUE MODULAIRE

TP 1: Les montages fondamentaux à AOP

TP 2: AOP, applications linéaires

TP 3: Les filtres actifs

TP 4: Les oscillateurs sinusoïdaux

ADVANCED DESIGN SYSTEM (ADS)

TP 1: Introduction au logiciel Advanced Design System

TP 2: Simulation d'un amplificateur RF source commune

TP 3: Conception d'un amplificateur faible bruit (LNA) partie 1

TP 4: Conception d'un amplificateur faible bruit (LNA) partie 2

ELECTRONIQUE II

TP 1: L'amplificateur de puissance

TP 2: Les montages fondamentaux à AOP

TP 3: L'AOP en commutation

TP 4: les filtres actifs

Laboratoire 10: Conception et Transmission de puissance

Ce laboratoire permet de réaliser des travaux pratiques en :

1. Transmission de Puissance 1

	<u>TP 1:</u> a) <u>Banc didactique:</u> Accouplement d'Oldham b) <u>Travaux pratiques:</u> Détermination par mesures de la loi de transmission de mouvement entre l'arbre moteur et l'arbre récepteur par ce type d'accouplement.
	<u>TP 2:</u> a) <u>Banc didactique:</u> Transmission par Cardan b) <u>Travaux pratiques:</u> Étude pratique par mesures d'une transmission composée par deux joints de Cardan simples.
	<u>TP 3:</u> a) <u>Banc didactique:</u> Transmission homocinétique b) <u>Travaux pratiques:</u> Travaux pratiques pour la caractérisation d'une transmission homocinétique.
	<u>TP 4:</u> a) <u>Banc didactique:</u> Freins à tambour et à disque b) <u>Travaux pratiques:</u> • Étude de la conception et le couple de freinage d'un frein à tambour, • Étude de la conception et le couple de freinage d'un frein à disque.

2. Transmission de Puissance 2



TP 1:

- a) Banc didactique: Équilibrage des rotors
- b) Travaux pratiques: Détermination par des essais des masses nécessaires pour l'équilibrage dynamique des rotors



TP 2:

- a) Banc didactique: Différentiel d'un véhicule
- b) Travaux pratiques: Étude de fonctionnement et caractérisation de la transmission de la puissance par le différentiel sur les roues motrices d'un véhicule.



TP 3:

- a) Banc didactique: Série des maquettes fonctionnelles pour les différents types de transmissions par engrenages
- b) Travaux pratiques: Étude pratique des rapports de transmission et des vitesses angulaires des différents éléments des transmissions.



TP 4:

- a) Banc didactique: Banc AVM
- b) Travaux pratiques: Étude pratique de la conception et de fonctionnement du système de freinage d'une voiture à 4 roues.

3. Conception Mécanique



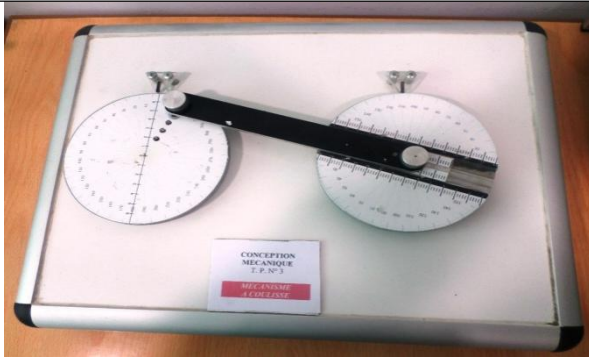
TP 1:

- a) Banc didactique: Mécanisme bielle manivelle
- b) Travaux pratiques: Détermination de la loi de mouvement du piston en fonction de la position de la manivelle.



TP 2:

- a) Banc didactique: Mécanisme à 4 bras articulés
- b) Travaux pratiques: Étude géométrique et cinématique de ce mécanisme.



TP 3:

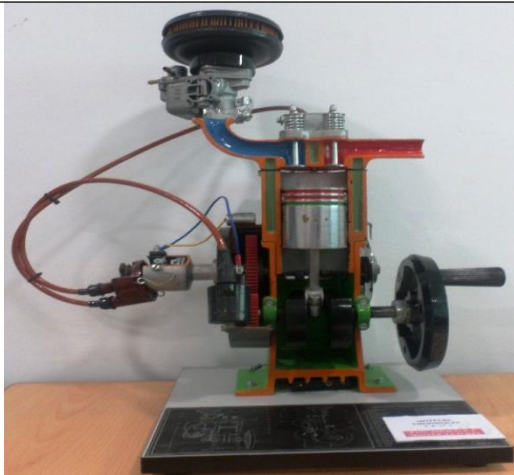
- a) Banc didactique: Mécanisme à coulisse
- b) Travaux pratiques: Etude de la conception et la cinématique de ce mécanisme.

4. Moteurs thermiques



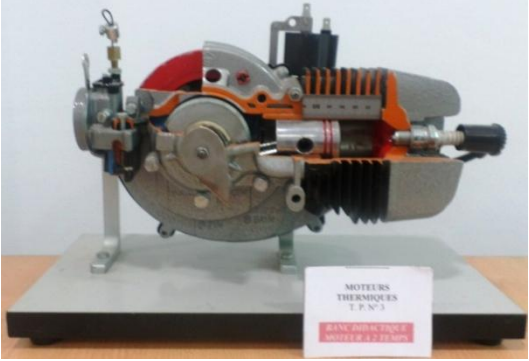
TP 1:

- a) Banc didactique: Moteur thermique a 4 cylindres et boîte de vitesse
- b) Travaux pratiques:
 - Détermination de la loi de mouvement des pistons en fonction de la position de l'arbre vilebrequin (ordre d'allumage),
 - Étude de la boîte de vitesse.



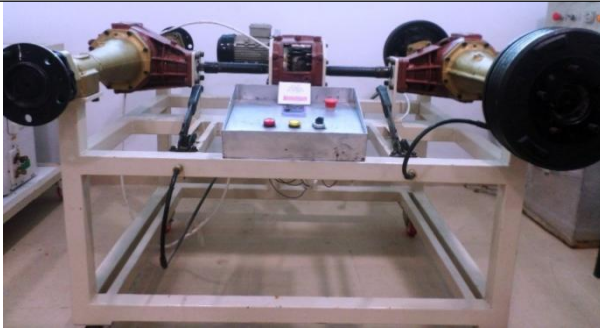
TP 2:

- a) Banc didactique: Mécanisme monocylindre à essence
- b) Travaux pratiques: Étude de fonctionnement et l'interaction entre le mécanisme bielle manivelle et le mécanisme des soupapes.

	<u>TP 3:</u> a) <u>Banc didactique</u>: Moteur thermique à deux temps b) <u>Travaux pratiques</u>: Étude de la conception et la cinématique de ce mécanisme.
	<u>TP 4:</u> a) <u>Banc didactique</u>: Banc de TP 1 b) <u>Travaux pratiques</u>: Étude de la conception et l'interaction entre les soupapes et autres éléments du mécanisme de distribution.

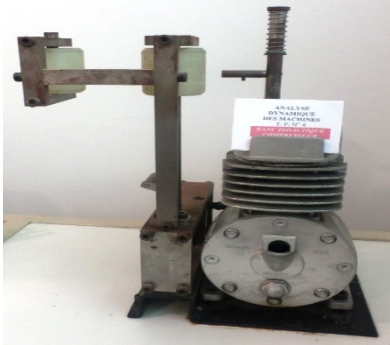
5. Analyse Dynamique Des Machines

	<u>TP 1:</u> a) <u>Banc didactique</u>: Mécanisme à 4 bras articulés b) <u>Travaux pratiques</u>: Détermination des masses supplémentaire pour rendre le mécanisme en équilibre statique.
	<u>TP 2:</u> a) <u>Banc didactique</u>: Mécanisme bielle manivelle b) <u>Travaux pratiques</u>: Réalisation pratique de l'équilibrage statique de ce mécanisme.



TP 3:

- a) Banc didactique: Transmission intégrale d'une voiture à 4 roues (AVM)
- b) Travaux pratiques: Analyse dynamique par les essais de fonctionnement de deux ponts de la voiture.



TP 4:

- a) Banc didactique : Compresseurs
- b) Travaux pratiques :
 - Étude de la conception, l'ordre de démontage et le montage des éléments d'un compresseur à piston,
 - Diagramme indiqué d'un compresseur à piston.

Laboratoire 11: Chimie



Partie 1 : Modèles Cristallins

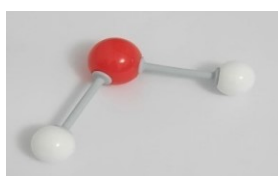
1. Introduction :

La cristallographie est la science qui se consacre à l'étude des cristaux à l'échelle atomique. Les propriétés physico-chimiques d'un cristal sont étroitement liées à l'arrangement spatial de l'atome dans la matière. L'état cristallin est défini par un caractère périodique et ordonné à l'échelle atomique ou moléculaire.

2. Atomistique :

Dans la partie atomistique, on utilise les modèles cristallins pour montrer la liaison chimique de type covalente simple ou multiple entre les atomes en formant des molécules. Ces liaisons sont établies par l'assemblage des électrons célibataires se présentant sur les couches de valence de deux ou plusieurs atomes.

Parmi les liaisons covalentes simples on représente quelques figures démonstratives :



La molécule d'eau :
 H_2O



La molécule acide
chloridrique : HCl



La molécule
méthane : CH_4



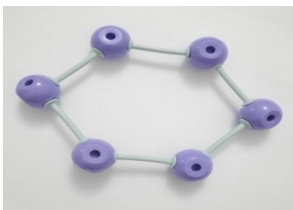
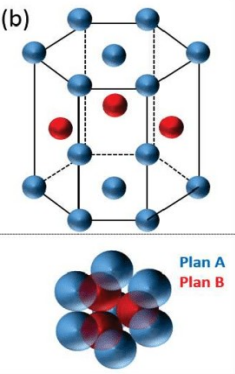
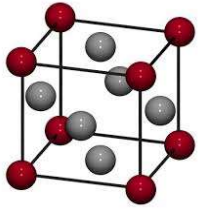
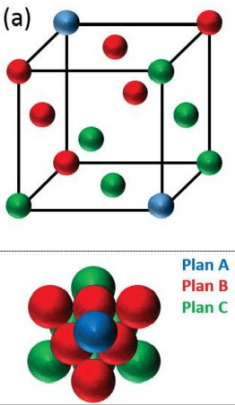
La molécule
l'ammoniac :
 NH_3

3. Cristallographie :

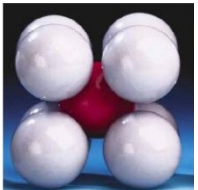
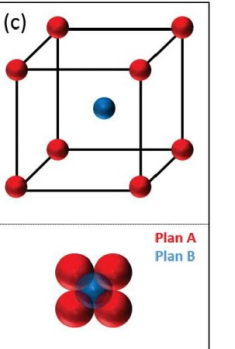
Concernant la partie cristallographique : le modèle cristallin est utilisé pour montrer l'arrangement régulier d'atome, d'ion ou de molécule dans un cristal. On s'intéresse sur deux modèles cristallins.

a- Les cristaux métalliques :

❖ *Assemblage compact :*

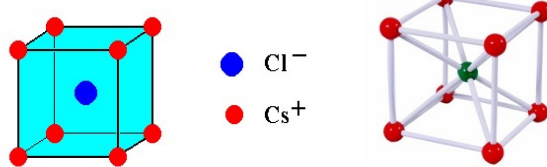
	(b) 	<u>Assemblage hexagonal compact</u> Le but de l'étude de cette partie c'est de déterminer : • La nature des couches (plans). • Les coordonnées réduites. • Le nombre de coordination. • L'appartenance à la maille. • La distance séparant deux plans identiques. • Les paramètres de la maille. • La compacité.
	(a) 	<u>Assemblage cubique à faces centrées</u> Le but de l'étude de cette partie c'est de déterminer : • La nature des couches (plans). • Les coordonnées réduites. • Le nombre de coordination. • L'appartenance à la maille. • Le nombre de sites tétraédriques par maille. • Le nombre de sites octaédriques par maille. • Les paramètres de la maille. • La compacité.

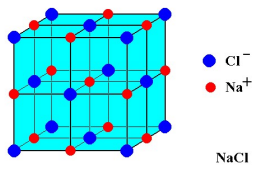
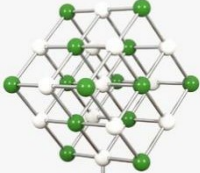
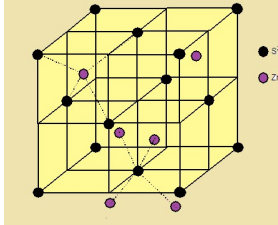
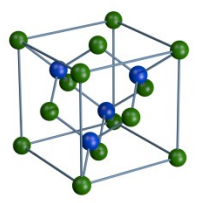
❖ *Assemblage pseudo-compact :*

	(c) 	<u>Maille cubique centrée :</u> Le but de l'étude de cette partie c'est de déterminer : • La nature des couches (plans). • Les coordonnées réduites. • Le nombre de coordination. • L'appartenance à la maille. • Les paramètres de la maille. • La compacité.
---	--	--

b – Les cristaux ioniques :

❖ *Réseaux ioniques des composés MX :*

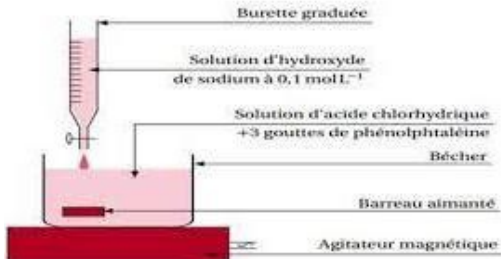
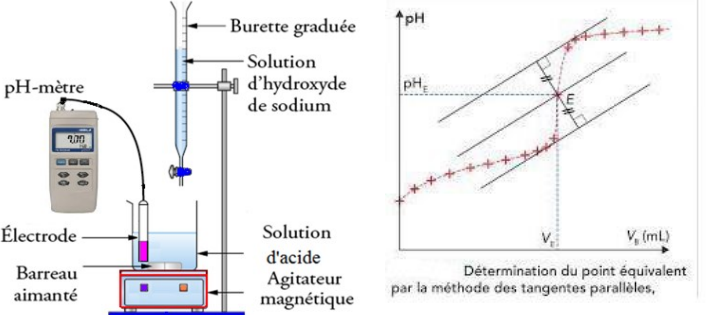
	<u>Coordination 8-8 structure type CsCl :</u> Le but de l'étude de cette partie c'est de déterminer : • Le contact anion-cation : $r^+ + r^-$ • La condition géométrique de stabilité de la structure. Le domaine d'intervalle $\frac{r^+}{r^-}$ • L'appartenance à la maille. • Les paramètres de la maille. • La compacité.
---	--

 NaCl		<u>Coordination 6-6 structure type NaCl :</u> Le but de l'étude de cette partie c'est de déterminer : • Le contact anion-cation : $r^+ + r^-$ • La condition géométrique de stabilité de la structure. Le domaine d'intervalle $\frac{r^+}{r^-}$ • L'appartenance à la maille. • Les paramètres de la maille. • La compacité.
		<u>Coordination 4-4 structure type ZnS :</u> Le but de l'étude de cette partie c'est de déterminer : • Le contact anion-cation : $r^+ + r^-$ • La condition géométrique de stabilité de la structure. Le domaine d'intervalle $\frac{r^+}{r^-}$ • L'appartenance à la maille. • Les paramètres de la maille. • La compacité

Partie2 : Chimie minérale

Introduction :

Ces manipulations permettent aux étudiants de comprendre et distinguer les différents types de dosages.

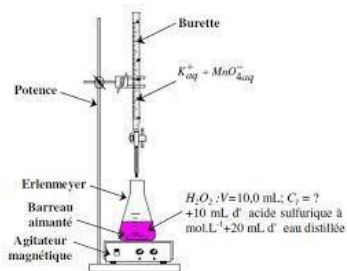
	<u>Dosage acido-basique</u> Le but de cette manipulation est de déterminer la nature d'un acide X (fort ou faible) par utilisation d'indicateur coloré.
	<u>Dosage acide-base par pH-métrie</u> Le but de cette manipulation est de tracer la courbe de neutralisation d'un acide faible (acide acétique) et d'une base faible (ammoniaque).

Dosage d'oxydo-réduction par volumétrie

Dans ce T.P nous aborderons deux types de dosage d'oxydoréduction : les dosages directs (manganimétrie) et les dosages indirects (iodométrie).

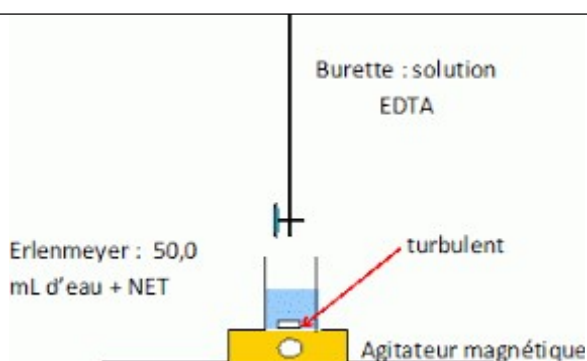
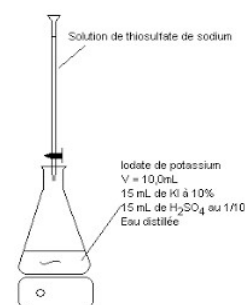
Manganimétrie:

Le but de cette partie est le dosage direct d'une solution de $FeSO_4$ et d'eau oxygénée (H_2O_2) par le permanganate de potassium ($KMnO_4$).



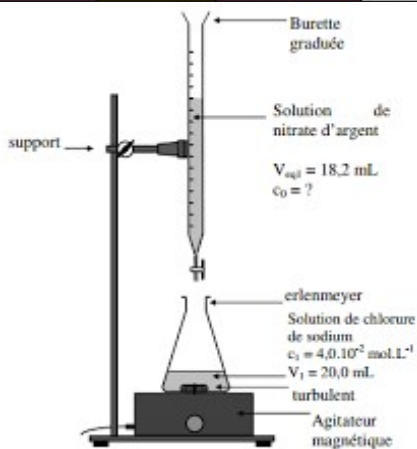
Iodométrie:

Le but de cette partie est de vérifier la concentration de la solution (H_2O_2) trouvée par manganimétrie et de déterminer la teneur d'une eau de javel en ion hypochlorite (ClO^-) par iodométrie.



Dosage des cations par complexométrie:

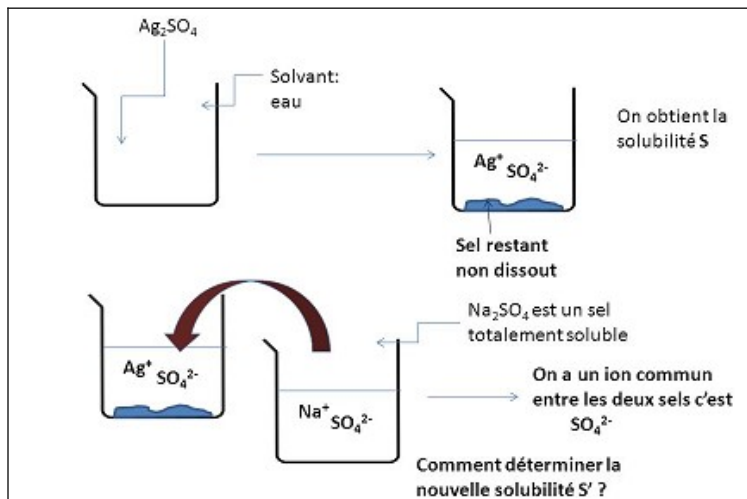
Le but de cette manipulation est de déterminer la teneur en calcium et en magnésium dans l'eau de robinet et dans une eau minérale en utilisant la complexométrie comme technique de dosage.



Dosage par précipitation:

Argentimétrie

Le but de cette manipulation est le dosage des ions chlorures et bromures par argentimétrie.



Solubilité d'un sel (Li_2CO_3) effet d'ion commun

Le but de cette manipulation est de déterminer le produit de solubilité du carbonate de lithium Li_2CO_3 et d'étudier l'influence d'ion commun sur la solubilité et le produit de solubilité.

Laboratoire 12 : Transfert Thermique

Ce laboratoire permet de réaliser des travaux pratiques en conduction et convection. Il comporte quatre manipulations :

1. Transfert de chaleur par conduction :

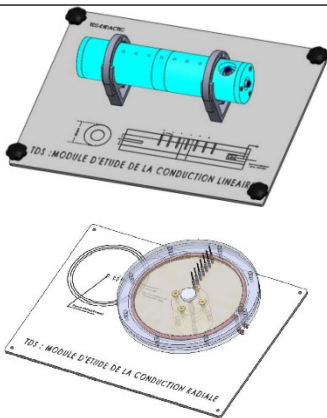
Le but du présent TP est de vérifier la loi de Fourier pour déterminer la conductivité thermique expérimentalement d'un matériau conducteur dans le cas des deux configurations : plane et cylindrique.



Le banc BTT-03 permet l'étude des lois de conduction linéaire, radiale. Une console électrique comprenant un système de régulation de puissance/température des éléments chauffants, interface analogique/numérique de l'ensemble des sondes de température des modules. L'instrumentation permet de mesurer les échanges et de fixer les paramètres. Le banc est équipé aussi d'un circuit de refroidissement connectable.

Le banc BTT-02 permet :

- Étude des échanges thermiques par conduction
- Étude des lois de conduction linéaire et radiale
- Détermination de la conductivité thermique de différents matériaux
- Appliquer l'équation de Fourier et déterminer les flux de chaleur dans les matériaux solides



Partie A : conduction linéaire

Le module d'étude de la conduction linéaire permet d'appliquer l'équation de Fourier et de déterminer le flux de transfert de chaleur dans les matériaux solides.

Partie B : Conduction radiale

Ce module permet de démontrer les principes de base de la conduction thermique radiale et de déterminer le coefficient de conduction thermique d'un disque de métal.

2. Transfert par convection

Les objectifs de ce TP concernent la mise en évidence des convections libre et forcée et la mesure du transfert de chaleur en convection libre et forcée dans les cas suivants :

- Élément chauffant à plaque-plate
- Élément chauffant à cylindre
- Élément chauffant à lamelles

La détermination du coefficient de transfert de chaleur pour la convection libre et forcée est l'un des objectifs de ce TP.



Le banc est composé d'une tour verticale dans laquelle une ouverture a été aménagée afin d'y placer trois types d'éléments chauffant. Ces derniers viennent se connecter directement à l'armoire de commande via des connecteurs rapides.

La convection libre se fait par simple tirage, la convection forcée se fait par un ventilateur à vitesse réglable placé en partie supérieure de la tour.

L'instrumentation permet de mesurer les échanges et de fixer les paramètres. L'instrumentation est composée d'un régulateur de température, d'un anémomètre, d'une sonde température entrée d'air et d'une sonde de température sortie d'air.

La mesure de la puissance échangée est faite à l'aide du régulateur qui indique le pourcentage de puissance (de la puissance maxi) nécessaire pour maintenir le cylindre à la température de consigne (demandée par l'utilisateur), c'est à dire la puissance échangée avec l'air. Le ventilateur à vitesse variable permet de fonctionner en convection forcée.

3. Échangeur de chaleur



Échangeur de chaleur eau-eau :

On se propose d'étudier l'influence du débit et du type d'échangeur sur les performances de l'échange thermique et de déterminer la valeur expérimentale du coefficient global d'échange U .

Un des modèles les plus simples d'échangeur que l'on puisse imaginer est constitué de deux tubes coaxiaux. L'un des fluides s'écoule dans le tube central, et l'autre dans l'espace annulaire, les deux fluides pouvant circuler dans le même sens ou en sens contraire.

Échangeur de chaleur eau-air (Radiateur) :

Le but de cette manipulation est d'appliquer les méthodes d'étude thermique d'un échangeur croisé eau-air et de déterminer la valeur expérimentale du coefficient global d'échange U .

Laboratoire 13 : Photovoltaïque

Partie 1. Le champ photovoltaïque

➤ Description de l'installation

L'installation photovoltaïque suivante composée de un champ Photovoltaïque, un convertisseur d'énergie, des éléments de protection DC et AC, un système de mesure et de comptage et un support fixe.

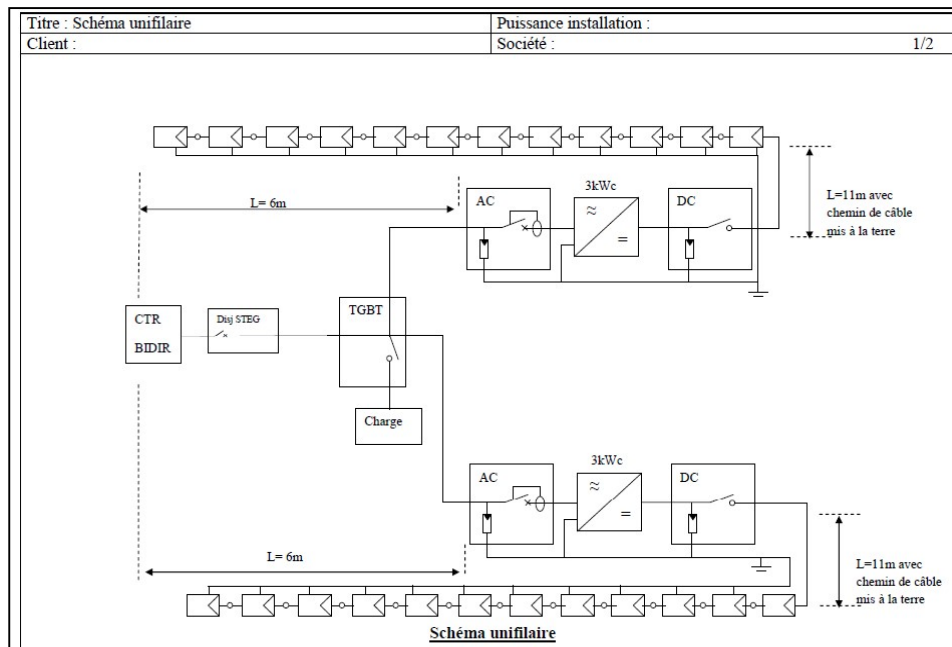


➤ Travail demandé

- 1- Identifier les différents éléments de cette installation et déterminer le rôle de chacun et ces caractéristiques.
- 2- Tracer le schéma unifilaire de cette IPV, déterminer l'énergie qu'elle peut produire.
- 3- Selon le champ photovoltaïque déjà identifié, déterminer la dimension du convertisseur d'énergie et ses caractéristiques techniques (Umppt min, Uentrée max Isc Max entrée...) ; voir fiche technique en annexe
- 4- Vérifier la compatibilité entre le convertisseur d'énergie et le champ photovoltaïque.
- 5- Effectuer le branchement de l'installation PV (préparer les câbles, le dénudage sertissage, les connecteurs...)
- 6- Effectuer les mesures suivantes :
 - Tension par module
 - Tension par chaîne
 - Tension sortie onduleur
- 7- Varier la puissance du champ photovoltaïque de 0.5%, 0.75%, 100% de la puissance nominale de l'onduleur et conclure la plage de fonctionnement de l'onduleur.
- 8- Effectuer le montage du système de comptage, modifier la charge et prendre les valeurs des compteurs et commenter le phénomène.

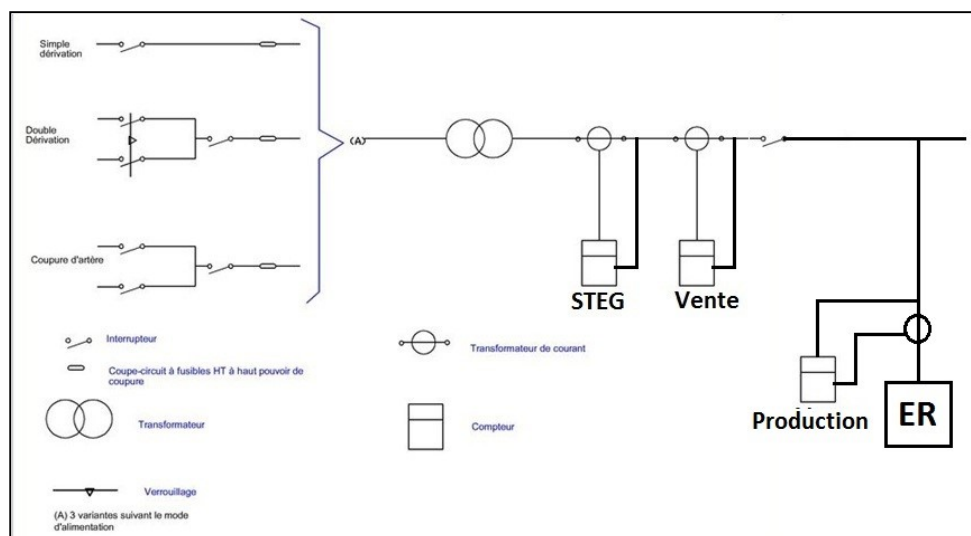
Partie 2. Le convertisseur d'énergie

- 1- Selon Le champ photovoltaïque déjà identifié, déterminer la dimension du convertisseur d'énergie et ses caractéristiques techniques (Umppt min, Uentrée max Isc Max entrée...) ; voir fiche technique en annexe.
- 2- Vérifier la compatibilité entre le convertisseur d'énergie et le champ photovoltaïque et effectuer le branchement.
- 3- Selon le schéma unifilaire ci-après déterminer la puissance de l'IPV, la puissance des convertisseurs utilisés et les différents organes de protection AC utilisés.
- 4- Déterminer les organes de protection AC nécessaires pour notre IPV, dresser le schéma unifilaire associé et effectuer le branchement.
- 5- Effectuer les mesures suivantes comme le montre le tableau ci-après et déterminer l'énergie produite en Wh.



Partie 3. Le monitoring et comptage d'énergie d'une IPV

- 1- Pour notre IPV déterminer le nombre de compteur d'énergie nécessaire pour comptabiliser la production d'énergie
- 2- Déterminer le système de comptage (BTB, HTA..) qu'on peut utiliser pour ce type d'installation et en présentant des arguments justificatifs.
- 3- Selon le schéma unifilaire ci-dessous d'un système de comptage déterminer les comptages effectués et leur utilité et déterminer les types de mesure associées (I, V, ...).
- 4- Identifier les organes de comptage, réaliser le montage et commenter le comportement des différents compteurs.
- 5- Déterminer le principe des compteurs utilisés et tracer leur schéma de principe.
- 6- Brancher le système de monitoring pour visualiser la tension DC et le courant DC. Commenter l'allure des courbes.
- 7- Calculer l'énergie produite pendant une durée de 1 heure.



Laboratoire 14 : Soudure

Le soudage est un moyen d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer la continuité de la matière à assembler, ce qui permet par exemple, pour un montage électrique d'assurer la continuité du courant. Il est utilisé pour des réalisations rapides, et lorsqu'il permet un gain de temps par rapport à un usinage. On distingue deux principaux types de soudages :

- Le soudage : c'est la soudure par fusion de deux métaux identiques avec apport d'un métal de même nature.
- Le brasage : c'est la soudure entre deux pièces (de même nature ou non) avec apport d'un métal de nature différent.

1. Objectifs

Pour intervenir sur des ouvrages soumis aux exigences les plus élevées, le soudeur doit maîtriser au moins un procédé de soudage à un niveau de performance requis dans les réglementations en vigueur.

L'emploi s'exerce aussi bien en atelier que sur chantier, impliquant des déplacements, pour les travaux de montage sur site.

Le soudeur intervient généralement debout, parfois dans des positions difficiles ou selon des postures inconfortables, voire physiquement pénibles. Il travaille au sol, parfois dans des endroits exigus (en fouille) ou en hauteur sur des échafaudages.

Dans la réalisation des ouvrages, il intervient généralement en aval des monteurs, des chaudronniers ou des tuyauteurs qui préparent les assemblages ou les pièces qu'il doit ensuite souder.

2. Différents soudages réalisés Durant ce TP

Quatre types de soudages, dans tous les cas, il fallait débiter en effectuant des cordons de soudure, dans un ordre précis, qui permettent d'éviter les défauts dus à la dilatation et à la rétraction du métal à cause des changements de température.

1) Le poste oxyacétylénique C'est la technique de soudage la moins employée et la plus ancienne. En effet, la manipulation est longue et la déformation importante malgré les points de soudure. La chaleur permettant la fusion du métal provient de la combustion entre l'oxygène et l'acétylène.

2) Soudure à l'arc électrique – électrode enrobée C'est un moyen déjà plus utilisé. La longueur de l'électrode permet de souder dans toutes les positions. Le dispositif pour ce soudage est un générateur qui transforme le courant alternatif en courant continu.

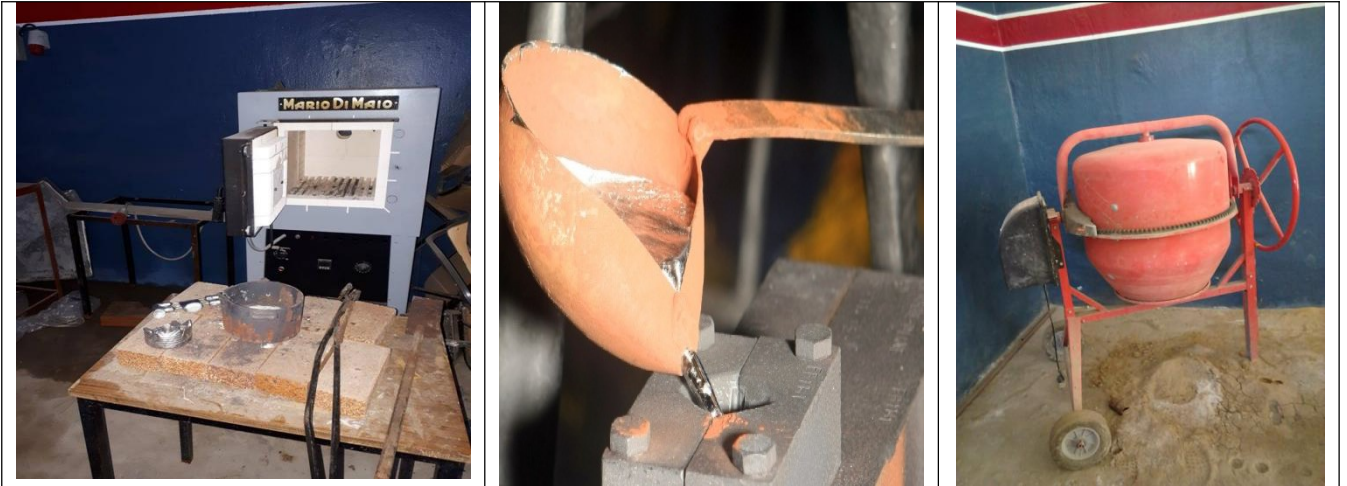
3) Soudure à l'arc électrique – procédé MIG ou MAG Ce procédé permet de travailler longtemps sans devoir changer l'électrode. En effet, l'électrode qui entre en fusion grâce à la chaleur produite par l'arc électrique, est un câble qui se déroule en permanence d'une bobine lors de l'utilisation. Contrairement à l'électrode enrobée, la protection est assurée par un gaz qui est soit actif (Métal Actif Gas, CO₂ par exemple) soit inactif (MetalInert Gas, Argon par exemple).

4) Soudure à l'arc électrique – procédé TIG ce procédé de soudage à l'arc avec une électrode non fusible, en présence d'un métal d'apport si besoin, la protection est assurée par un gaz Inerte (TungstenInert Gas)

3. Matériels

			
Un poste de soudure à l'arc électrique TIG	Deux postes de soudures oxy-acétylenique	Deux postes de soudure à l'arc électrique 250A	Quatre postes de soudure à l'arc électrique MIG – MAG

Laboratoire 15 : Fonderie



La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à couler un métal ou un alliage liquide dans un moule pour reproduire, après refroidissement, une pièce donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

Les techniques employées dépendent de l'alliage fondu, des dimensions, des caractéristiques et des quantités de pièces à produire. C'est le plus souvent une industrie de sous-traitance très dépendante des secteurs acquéreurs : automobile, sidérurgie, matériel de manutention, équipement industriel, matériel électrique, aéronautique, armement, etc

1. Objectifs

L'objectif est d'étudier la technologie liée au procédé de moulage en sable de pièces en alliage d'aluminium.

- présenter les différents modes d'obtention de pièces brutes de moulage,
- réaliser un tracé optimal d'une pièce de fonderie (ou pièce moulée).
- Proposer un mode opératoire pour mouler une pièce.

2. Matériels

- Four de fusion 1400°C
- Broyeur de sable de moulage
- Chassies de moulage
- Pièces Model
- Boîte a noyaux
- Outils (4 fouloirs, 4 pilet, racleurs, spatule.....)

Laboratoire 16 : Matériaux de construction

La description des équipements afin de réaliser quelques travaux pratiques de matériaux de construction destiné aux étudiants ingénieurs dans le domaine de génie civil.

On s'intéresse à étudier principalement :

- La granularité des granulats par l'essai granulométrique
- La masse volumique apparente et absolue
- La résistance des graviers par l'essai Micro Deval et Los Angeles
- La propreté du sable par l'essai d'équivalent de sable
- La prise du ciment par l'essai Vicat
- L'absorption d'eau
- Le teneur en eau

Pour cela, on fait l'appel à plusieurs équipements comme une analyse granulométrique, un pycnomètre, une machine micro Deval, une machine Los Angeles, un agitateur électrique, un appareil de Vicat, un malaxeur, une moule de fragmentation dynamique et une étuve.

1- Appareil granulométrique par tamisage

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 125 mm



Appareillage spécifique

L'appareil granulométrique par tamisage consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série des tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.



Appareillage d'usage courant

Le matériel nécessaire pour sécher un échantillon est l'étuve et pour peser les refus est une balance de précision à $\pm 0,1$ %.

2- Machine de Micro Deval



La machine de Micro Deval permet de déterminer la résistance à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un granulat.

L'essai Micro-Deval (MDE) permet de déterminer la résistance à l'usure d'un échantillon de granulat.

3- Machine de Los Angeles



La machine Los Angeles permet de déterminer la résistance à la fragmentation par chocs des éléments d'un échantillon de granulats. Cet essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement).

4- Équipements nécessaire pour mesurer l'équivalent de sable

L'équivalent de sable est un indicateur, utilisé en géotechnique, caractérisant la propreté d'un sable. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains.

Les équipements sont :

- Tamis de 5 mm d'ouverture de maille avec fond de tamis.
- Spatule et cuillère.
- Balance permettant de faire les pesées avec une précision de 0.1
- Chronomètre donnant la seconde.
- Règle de 500 mm graduée en mm
- Goupillon pour le nettoyage des éprouvettes.
- Bac pour tamisage.
- Piston.
- Entonnoir.
- Tube laveur.
- 5 litres de solution lavant.
- Machine agitatrice



5- Appareil de Vicat

L'appareil de Vicat permet de mesurer le temps de prise du liant hydraulique (ciment), autrement dit, le temps qu'il faut pour qu'il se solidifie.



Appareillage spécifique

L'appareil de Vicat représenté à la figure suivante. La sonde doit être en métal non corrodable et avoir la forme d'un cylindre droit de 50 ± 1 mm de longueur effective et de $10 \pm 0,05$ mm de diamètre. La masse totale des parties mobiles doit être de 300 ± 1 g. leur mouvement doit être exactement verticale et sans frottement appréciable et leur axe doit coïncider avec celui de la sonde.

Le moule Vicat destiné à contenir la pâte pendant l'essai. Il doit être de forme tronconique, d'une profondeur de $40 \pm 0,2$ mm et doit avoir des diamètres intérieurs supérieurs et inférieurs de 70 ± 5 mm et 80 ± 5 mm respectivement.

Il doit être convenablement rigide et être pourvu d'une plaque en verre plus large que le moule et d'une épaisseur d'au moins 2,5 mm.



Appareillage d'usage courant

- Malaxeur normalisé : avec une cuve de 5 litres de contenance et d'une pale de malaxage -pouvant tourner à deux vitesses (dites lente 140 tr/min et rapide 285 tr/min)
- Balance précise à 0,1 g près
- Chronomètre précis à 0,1 s près

6- Moule de fragmentation dynamique



La moule de fragmentation dynamique permet à mesurer la résistance à la fragmentation dynamique des éléments d'un échantillon de granulats

Laboratoire 17 : Béton Armé

1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre **0,063** et **125 mm**.

On appelle :

- **REFUS** sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.
- **TAMISAT** (ou **passant**) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

Principe de l'essai:

- L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.
- Les masses des différents refus et tamisât sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.



Série de tamis



Balance électrique



Etuve ventilée

1- Formulation par Dreux Gorisse

Le béton est le matériau de construction le plus utilisé au monde. Il est présent dans tous les secteurs de la construction, ses qualités et ses performances répondent aux différents besoins en matière de bâtiments et de génie civil en respectant les exigences de sécurité, d'esthétique et de durabilité.

Le choix des proportions de chaque constituant d'un béton afin d'obtenir les propriétés mécaniques et de mise en œuvre souhaitées s'appelle la formulation. Plusieurs méthodes de formulation existent comme la méthode Baron, Bolomey, de Férret, de Faury et Dreux- Gorisse. Dans ce TP, on applique la méthode Dreux Gorisse pour formuler un béton ordinaire.

➤ Matériel



Cône d'abrams



Eprouvettes



Balance



Pelle



Bétonnière

➤ Matériaux

- Un ciment Portland CEM I 42.5N.
- Un gravier concassé fourni par la carrière de la région ELFAYETH.
- Un sable fourni par la société Préfabrication et Traitement de Sable (PTS) avec une taille maximale de 5mm.

2- Coffrage et ferrailage

Il existe trois modes de ruptures des poutres en béton armé

➤ Rupture par excès de traction sur les aciers longitudinaux (pivot A)

La rupture a été atteinte par un allongement excessif des armatures longitudinales. Ceci a pour effet de créer de larges fissures et de diminuer la hauteur du béton comprimé. Le béton comprimé s'est écrasé en poussant la déformation au-delà de la charge maximale atteinte.

➤ Rupture par excès de compression du béton (pivot B)

Le fait d'être sûr armé à entraîner un faible allongement des aciers longitudinaux donc de fines fissures. La hauteur du béton comprimée est importante, la rupture a été atteinte par excès de compression du béton qui, en s'écrasant, a limité l'augmentation de la charge.

➤ Rupture par effort tranchant

La poutre est fortement armée pour ne pas périr prématurément en flexion et ne possède pas de cadres dans la partie où l'effort tranchant est maximal. La rupture s'est produite de manière fragile dans la zone qui ne présentait pas d'armatures de couture.

On vous propose de confectionner le ferrailage d'une poutre expérimentale qui permettra de mettre en évidence en type de mécanisme de rupture par excès de compression du béton (pivot B)

❖ **Coffrage**

Pour commencer, le coffrage de la poutre peut se faire avec de multiples matériaux. Ici, en l'occurrence, le coffrage extérieur est en bois

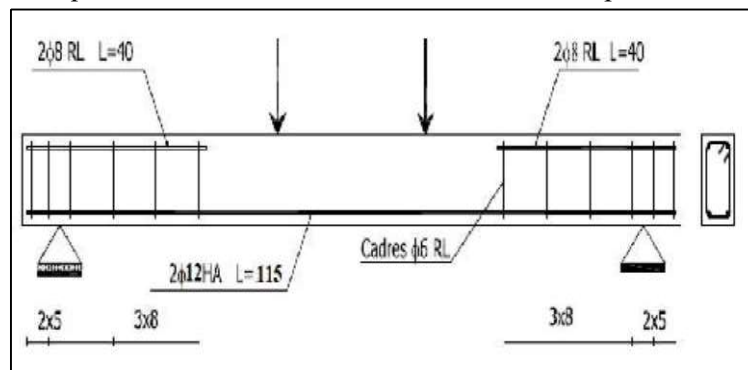
❖ **Ferrailage**

Préparation des armatures

Les armatures sont stockées par longueur de 6 m, il faut donc les couper à longueur. La coupe est réalisée par une cisaille qui, comme son nom l'indique, sollicite les barres métalliques en cisaillement

Constitution de l'armature

Les quatre armatures longitudinales HA 12 et HA 8 sont posées sur des supports à hauteur de travail. Le positionnement des cadres est marqué sur une des armatures selon les cotes du plan de ferrailage et reporté sur les trois autres armatures.



Ferrailage de la poutre expérimentale:

3- Caractérisation du béton à l'état frais et à l'état durci

➤ Gâchage et confection des éprouvettes

Les constituants sont introduits dans l'ordre suivant : gravillon, liant et sable. Le mélange anhydre est malaxé 15 secondes. Puis, on ajoute l'eau de gâchage qui est malaxé pendant 120 secondes.

➤ Caractérisation du béton à l'état frais

- On verse le béton dans une brouette et le couler dans le cône d'Abrams. L'essai d'affaissement est réalisé selon la norme NF EN 12350-2

➤ Caractérisation du béton à l'état durci

Essais sur béton

Les essais mécaniques à l'état durci sont :

- L'essai de mesure de la résistance à la compression sera réalisé conformément à la norme NF EN 12390-3[3]. Un béton est défini par la valeur de sa résistance caractéristique à la compression à 28 jours (R_{c28}). Par convention, la résistance à la compression du béton est mesurée par la charge conduisant à l'écrasement par compression axiale d'une éprouvette cylindrique 16×32 cm*cm. Les éprouvettes à tester doivent avoir des surfaces planes et parallèles. L'écrasement sera effectué, pour les trois éprouvettes, sur une presse à une vitesse de 0.5 ± 0.2 MPa/s.

- L'essai de mesure de la résistance à la traction par fendage sera réalisé conformément à la norme NF-P 18-408[4].

La résistance à la traction par fendage est mesurée sur une éprouvette cylindrique de diamètre 16 cm et de hauteur 32 cm. L'éprouvette est placée entre les deux plateaux de la presse, le contact entre les plateaux et l'éprouvette se faisant par l'intermédiaire des deux bandes en métallique. Le centrage de l'éprouvette doit se faire à 0.5mm près à l'aide d'un gabarit de centrage. La vitesse de chargement doit être constante pendant toute la durée de l'essai et égale à $4,01$ kN/s $\pm$ $0,80$ kN/s pour les cylindres 16×32 cm*cm.



Machine de compression et de traction par fendage

Essais sur béton armé

L'objectif est de réaliser une poutre en béton armé dont la formulation est établie selon la démarche appliquée lors de TP02. Après 28 jours de durcissement, cette poutre sera sollicitée en flexion 3 points ou 4 points jusqu'à rupture afin que les élèves puissent analyser comportement de cette dernière et confronter les résultats

expérimentaux aux formules analytiques étudiées en cours. Une poutre en béton armé de 1.2 m de long et de section 20 cm x 10 cm est réalisée avec les matériaux du laboratoire. La cage d'armature est fabriquée selon un plan de ferrailage fourni, le béton est réalisé selon une formulation imposée.

Le test de flexion quatre points, similaire à l'essai de flexion trois points mais avec l'avantage de ne pas positionner l'appui au niveau de la zone de rupture. Ceci est en effet une limitation du système à trois points où l'appui central peut endommager l'éprouvette et fausser ainsi les résultats en entraînant une rupture précoce de celle-ci. La sollicitation en flexion 4 points permet d'avoir une zone centrale en flexion pure. La fissuration peut ainsi librement s'amorcer sur toute cette zone permettant d'identifier les points de faiblesse potentielle du matériau et les effets structurels engendrés par la présence des cadres.



Machine de traction a la flexion

Laboratoire18 : Mécanique des sols

La boîte de cisaillement, appelée également boîte de Casagrande, est destinée à l'essai de cisaillement rectiligne (ou direct) dans lequel la surface de rupture de l'échantillon est imposée suivant le plan horizontal.

Le but de cet essai est de déterminer les caractéristiques mécaniques d'un sol à la rupture, à savoir sa cohésion c et son angle de frottement ϕ , en fonction des conditions de drainage et de la vitesse de cisaillement considérées.

Appareillage

➤ Le dispositif de cisaillement :

Il assure le cisaillement de l'échantillon à vitesse de déplacement constante, il est constitué :

- D'un chariot porte-boîte, entraîné d'un mouvement de translation à vitesse constante et réglable, entraînant lui-même la demi-boîte inférieure.
- D'un système de levier étrier par lequel le piston de la boîte permet d'exercer la charge verticale à l'aide de masses marquées
- D'un anneau dynamométrique, fixé la demi-boîte supérieure, dont les lectures permettent de calculer l'effort de cisaillement développé sur le plan horizontal.

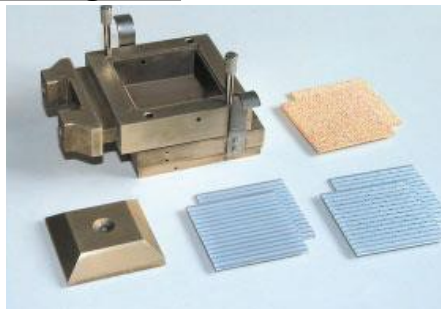


Appareil de cisaillement à la boîte de Casagrande

On utilise, de même, un appareillage d'usage courant constitué de :

- Une balance de précision égale à 0.01 g
- Une trousse coupante, une scie à fil d'acier et un couteau
- Deux comparateurs au centième du millimètre, avec une course de 10 mm
- Du papier filtre

➤ La boîte de cisaillement de Casagrande

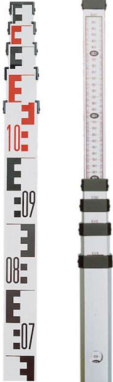


Laboratoire 19 : Topographie

Partie 1-Nivellement géométrique

Objectif

La détermination des altitudes d'un point ou d'un ensemble de points à partir d'un repère d'altitude connue.

	<u>LE TREPIED</u> Il comporte trois branches simples ou doubles, réalisée chacune en 2 parties coulissantes
	<u>LA MIRE</u> C'est une règle graduée, en bois ou en métal, de longueur 2 à 4 m, en plusieurs éléments emboîtables ou dépliables par charnières
	<u>LE NIVEAU</u> Un niveau à lunette se compose : • D'une lunette astronomique de grossissement plus ou moins fort (25x) permettant de faire des lectures précises • De nivelles, encore appelées niveaux à bulle d'air, qui permettent de s'assurer de l'horizontalité d'une ligne ou d'un plan • D'un système de vis calantes permettant de rendre l'axe optique horizontal. • Limbe circulaire gradué ayant son centre sur l'axe de rotation de la partie mobile. Ce limbe permet la lecture des angles horizontaux

Le niveau ne peut faire qu'une rotation autour d'un axe vertical perpendiculaire à l'axe optique de la lunette. Il permet d'effectuer de nivellement, de mesure de distance et d'angles horizontaux.

Partie 2-Mesure des angles et des distances

1. Objectif

Apprendre à effectuer des mesures d'angles et de distances dans le but de calculer les coordonnées des points

2. Matériels utilisés



Station totale



Trépied



Réflecteur

3. La station totale :

La station totale comprend essentiellement une lunette mobile dans un plan vertical tournant autour d'un axe horizontal sur lequel est centré un cercle vertical. L'ensemble peut tourner autour d'un axe vertical appelé axe principal de l'appareil sur lequel est centré le cercle horizontal

- **Le cercle horizontal :** Il comprend deux plateaux concentriques. Le cercle extérieur porte la graduation (limbe).
- **L'axe principal (P) :** Il est confondu avec la verticale du point de station et celui autour duquel tourne l'instrument calé à l'aide d'une nivelle.
- **L'axe secondaire (T) :** Axe des tourillons, c'est l'axe horizontal autour duquel bascule la lunette de visée, dans le plan vertical.
- **L'axe de visée (O) :** C'est le troisième axe passant par l'intersection de deux autres et par le point visé. Il est matérialisé par la croisée des fils du réticule de la lunette et confondu avec les axes optiques et géométriques de la lunette.
- **Le cercle vertical :** Il comprend un limbe solidaire de la lunette et un cercle portant deux index et leurs verniers.
- **La lunette :** principe analogue à celle du niveau.

A l'aide de la station totale, on peut effectuer de mesure des angles horizontaux et verticaux, des distances et de dénivelées.

Partie 3-Les Procèdes de lever Relèvement d'un point

1. Objectif

Déterminer les coordonnées d'un point matérialisé au sol, qui servira à la réalisation du levé topographique de la zone.

2. Matériels utilisés



Station totale



Trépied



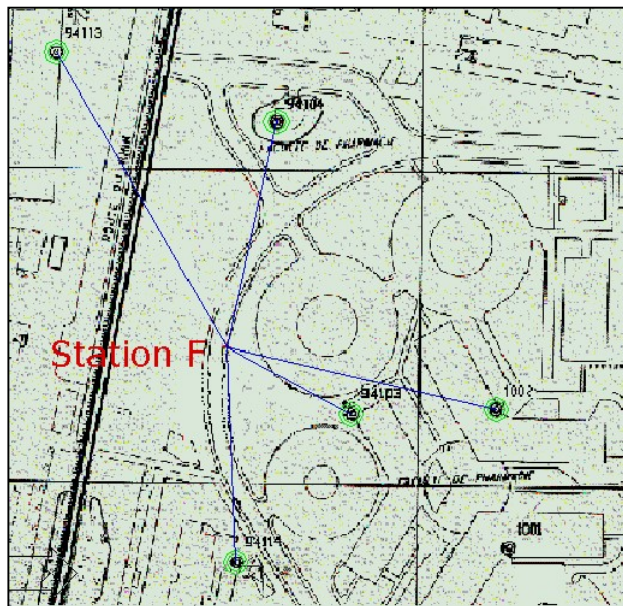
Réflecteur

3. Principe du relèvement :

Le relèvement consiste à se placer sur un point et viser angulairement d'autres points connus en coordonnées. Ces visées permettront ensuite de calculer les coordonnées du point stationné.

Il faut d'abord faire une reconnaissance pédestre des lieux pour repérer les points visés et ainsi pouvoir choisir une bonne station. Elle devra pour cela posséder les caractéristiques suivantes :

- On voit tous les points visés.
- Les points visés ne sont pas trop éloignés.
- Bonnes intersections de visée



Plan de situation

Partie4- Le levé de détails

1. Objectif

La réalisation du levé topographique de la zone du projet de construction

2. Matériels utilisés



Station totale



Trépied



Réflecteur

3. Principe :

Le levé de détails est l'ensemble des opérations intervenant dans un lever topographique et consistant à déterminer à partir des points du canevas, la position des différents objets d'origine naturelle ou artificielle existant sur le terrain.

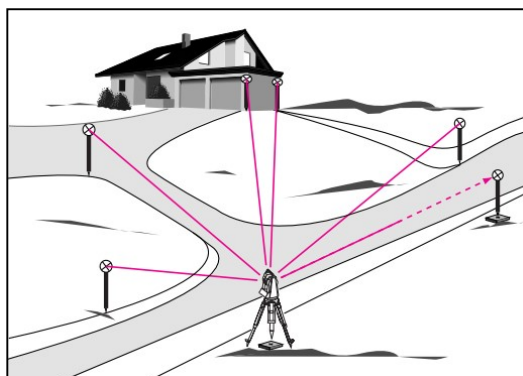
On commence par déterminer les points de canevas puis, lorsque leurs coordonnées sont calculées et vérifiées, on passe alors au levé des points de détail. On réalise ensuite en utilisant des logiciels de graphisme le tracé du plan à partir du fichier point et des codes enregistrées sur terrain.

4. Croquis de levé :

Chaque levé de détails doit s'accompagner d'un croquis de levé aussi précis, soigné et descriptif que possible. Ce croquis est d'une aide précieuse, voire indispensable, lors de l'établissement du plan définitif.

5. Levé avec station totale :

La station totale est l'instrument idéal pour le levé précis d'un grand nombre de points. La station est équipée d'un distance-mètre, permet de mesurer et d'enregistrer distances et angles en une seule manipulation. Ces données peuvent être enregistrées sur un support informatique en vue d'un traitement par ordinateur



Partie 5- Implantation

1. Objectif

Implanter des points de coordonnées connus à partir d'un point repère et d'une référence.
Implanter une construction et faire le contrôle nécessaire.

2. Matériels utilisés



Station totale



Trépied



Réflecteur

3. Mode opératoire

➤ **Préparatifs au bureau**

- Utiliser le plan numérique (DWG, DXF) de la construction et extraire les coordonnées (x, y) des points à implanter
- Créer dans la station totale un nouveau fichier (implantation) et enregistrer les coordonnées des points repères, et des points à implanter.

➤ **Manipulation sur terrain**

- Mise en station de la station totale sur le point repère
- Mise en station du réflecteur avec embase sur la référence
- Suivre les instructions qui se trouvent dans l'annexe d'utilisation de la station totale pour l'implantation
- Commencer la mesure d'implantation d'angle horizontal: L'angle horizontal **dha**affiché est l'angle entre la direction de visé et la direction à implanter
- A l'aide du bouton de blocage horizontal et de la vis de mouvement fin, tourner l'appareil jusqu'à ce que la valeur **dha** soit nulle : c'est la direction du point à implanter
- Installer le réflecteur sur la ligne de visée et viser avec précision et presser sur La différence entre la distance d'implantation et la distance mesurée s'affiche sur l'écran
- Rapprocher ou éloigner le réflecteur dans la même direction jusqu'à ce que la distance affichée soit de 0 m
- Implanter le piquet