

Institut des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie civil et Hydraulique

POLYCOPIE DE COURS

## Organisation et mécanisation des travaux

Support pédagogique destiné aux étudiants de 1<sup>er</sup> année Master

**Spécialité : Hydraulique urbaine**

Réalisé par : **Dr BERHAIL Sabri**

**Année universitaire : 2021/2022**

## **PREAMBULE**

Une bonne organisation d'un chantier suppose le bon déroulement des travaux sans contraintes majeurs, le respect de délai contractuel et l'utilisation rationnelle des moyens humains et matériels.

Ce polycopié représente le contenu du module «Organisation et la mécanisation des travaux » assuré en semestre 2 aux étudiants de 1<sup>er</sup> année Master spécialité hydraulique urbaine. Il vise à comprendre les différentes actions nécessaires à l'organisation et la mécanisation des travaux des chantiers hydrauliques.

Le polycopié est scindé en cinq chapitres conformément au programme officiel :

Le premier chapitre vise à donner aux étudiants un aperçu sur le chantier et la personne en relation avec le chantier tel que le maître d'œuvre, le maître de l'ouvrage et les contrats et volet juridique.

Le deuxième chapitre sera consacré à expliciter les différentes étapes pour la réalisation d'un projet d'AEP.

Dans le troisième chapitre, nous présentons les différentes étapes pour maturation d'un projet d'assainissement ainsi que la détermination des temps unitaire de mains d'œuvre et des rendements, et le calcul du temps total prévisionnel de mains d'œuvre et de matériel.

Au chapitre 4, on traite la représentation graphique du réseau PERT, et de ses combinaisons des tâches du réseau, ainsi que la reconversion du réseau PERT en planning de Barre (GANTT).

Dans le dernier chapitre nous nous intéressons aux critères de pose de canalisations hydraulique, en évoquant ses aspects tels le suivi et les contrôle de la qualité

Il est possible que cette première version comporte quelques imperfections, je serais reconnaissant à tous ceux qui me feraient part de leurs remarques et suggestions.

# SOMMAIRE

PREAMBULE.....	1
SOMMAIRE.....	2

## CHAPITRE 1 : VOCABULAIRES COURANTS

1. Introduction.....	3
2. Définition d'un chantier.....	3
3. Le maitre de l'ouvrage.....	3
4. Entreprise de réalisation.....	3
5. Le maitre d'œuvre.....	4
6. Délai d'exécution.....	4
7. Etapes préparatoires en vue de l'ouverture d'un chantier.....	4
8. Installation du chantier.....	6

## CHAPITRE 2 : ETAPES DE REALISATION D'UN PROJET D'AEP

1. Maturation d'un projet d'AEP.....	8
2. Elaboration du marché ou du contrat de réalisation.....	10
3. Organisation du chantier.....	12
4. Essai des canalisations.....	16
5. Contrôle des travaux par le chef de projet charge de suivi de réalisation.....	18
6. Elaboration des attachements.....	18
7. Elaboration des situations des travaux.....	18
8. Elaboration des PV de réception.....	18

## CHAPITRE 3 : ETAPES DE REALISATION D'UN PROJET D'ASSAINISSEMENT

1. Introduction.....	20
2. Les étapes d'avant-projet.....	20
3. Choix des engins.....	21
4. Exécution des tranchées et des fouilles.....	23
5. Aménagement du lit de pose des conduites.....	24
6. La mise en place des canalisations en tranchée.....	25
7. Devis quantitatif et estimatif.....	26

## CHAPITRE 4 : PLANNING ET ORDONNANCEMENT

1. Introduction.....	28
2. Historique de la méthode PERT.....	28
3. Rôle du réseau PERT.....	28
4. Conditions de mise en œuvre de la méthode PERT.....	28
5. Les étapes pour créer un PERT.....	31
6. Définition du diagramme de Gantt.....	37

## CHAPITRE 5 : POSE DE CANALISATIONS

1. Introduction.....	41
2. Choix des canalisations en fonction du liquide transporte.....	41
3. Terrassement pour canalisations.....	43
4. Remblais pour canalisations.....	44
5. Manutentions des canalisations.....	44
6. Assemblage des conduites en béton.....	45
7. Essai d'étanchéité.....	46
8. Contrôle de qualité.....	47
Références.....	49

## **CHAPITRE 01**

### **VOCABULAIRES COURANTS**

## 1. INTRODUCTION :

Une bonne organisation d'un chantier suppose le bon déroulement des travaux sans contraintes majeurs, le respect de délai contractuel et l'utilisation rationnelle des moyens humains et matériels.

## 2. DEFINITION D'UN CHANTIER :

C'est un espace délimité pendant une certaine durée (délai d'exécution) ou certains travaux vont être réalisés. Il existe plusieurs types de chantiers en fonction de la nature de l'ouvrage à réaliser. Le début d'un chantier est marqué par l'installation du chantier, sa fin est marquée par la réception provisoire des travaux.

## 3. LE MAITRE DE L'OUVRAGE :

Dans les opérations de construction, le maître d'ouvrage est la personne qui dispose du terrain, qui décide de réaliser les travaux et qui fixe le programme de réalisation. Il est également chargé de réunir le financement, de choisir et de payer les professionnels responsables de la réalisation, et de signer les marchés de travaux. Le maître d'ouvrage confie l'établissement du projet de construction et le contrôle de l'exécution au maître d'œuvre (le plus souvent un bureau d'étude comprenant des architectes et / ou des géomètres experts et / ou des ingénieurs-conseils). Ce dernier s'assure que le programme de construction est bien réalisable et conçoit le projet en respectant les règles de l'art, la réglementation et le coût fixé par le maître d'ouvrage. Il introduit les demandes d'autorisation administrative, prépare le dossier de consultation des entreprises, participe à la mise au point du marché, surveille le chantier et assiste le maître d'ouvrage pour la réception des travaux.

Le rôle de maître de l'ouvrage :

- Trouver les moyens financiers nécessaires à la réalisation du projet et le gérer (le maître de l'ouvrage est toujours le payeur) ;
- Procurer le terrain ou l'espace nécessaire à la construction envisagée, par achat ou concession.
- Elaborer un programme détaillé et précis de l'opération ;
- Prendre livraison de l'ouvrage en le réceptionnant ;
- Exploiter l'ouvrage ou dans certains cas le remettre à l'organisme qui est chargé de l'exploitation.

## 4. ENTREPRISE DE REALISATION :

La responsabilité de l'entreprise est liée directement à l'exécution des travaux.

Son rôle :

- Exécuter les travaux conformément aux plans ;
- Fournir une main d'œuvre qualifiée et correctement encadrée ;
- Matériel spécialisé nécessaire à la réalisation de l'ouvrage ;
- Fournir les matériaux ;
- Fournir un savoir-faire spécifique et une qualification.

## 5. LE MAITRE D'ŒUVRE :

Représente soit par : Un bureau d'étude- service technique- il représente la personne morale ayant exécuté l'étude et chargé du contrôle de la réalisation (suivi).

Pour chaque personne morale il existe différentes personnes physiques de différentes qualités, tel que l'ingénieur, technicien, administrateur, l'ouvrier.

Le rôle de Maître d'œuvre est le suivant :

### ❖ Etude préliminaire : EP

- Reconnaissance détaillée sur le terrain
- Collecte des données, documents et études antérieures.
- Examen minutieux sur la situation actuelle du réseau, expertise du document.
- Projection sur fond topographique (levé topographique)
- Travaux topographique (plan générale avec échelle 1/5000 ou 1/1000)

### ❖ Avant-projet détaillé (APD)

- Projection des réseaux existants et projetés
- Calcul hydraulique des réseaux existant redimensionnement et proposition.
- Calcul hydraulique et dimensionnement des ouvrages
- Elaboration des profils en long des conduites projetées
- Elaboration des plans d'implantation des ouvrages

### ❖ Etude d'exécution EE :

L'étude d'exécution se fait à partir des remarques formulées par l'administration c'est à dire ce dossier de l'étude d'exécution doit être approuvé par l'administration.

- Calcul génie civil (coffrage et ferrailage)
- Equipement électromécaniques (pompe, armoire)
- Elaboration de dossier de D.A.O (dossier d'appel d'offre)

## 6. DELAI D'EXECUTION :

Il représente la durée de vie du chantier administrativement, on commence à calculer le délai d'exécution à partir de la signature d'un document appelé ordre de service (ODS) par la partie contractante et sa notification à l'entreprise. La fin du délai est marquée par le dernier jour de la durée d'exécution.

## 7. ETAPES PREPARATOIRES EN VUE DE L'OUVERTURE D'UN CHANTIER :

### 7.1. Etude (projet d'exécution)

Cette 1<sup>er</sup> étape consiste à fournir un dossier d'exécution établie par le Maître d'œuvre et comportent tous les délais nécessaires à l'exécution (document graphique (plan, profil en long), document écrit (note de calcul), document descriptif du mode de réalisation, estimatif et quantitatif).

Une fois l'étude a été prévue par le maître d'ouvrage elle sera bonne pour l'exécution.

## **7.2. Appel d'offres (consultation)**

Afin de déterminer, l'entreprise chargée de l'exécution de l'opération, objet de l'étude, la réglementation impose la réalisation d'un appel d'offres.

Ce dernier est établie sur la base d'un cahier de charge fournie par le maitre d'ouvrage est doit comporter tous les éléments et les délais nécessaire pour le choix de l'entreprise.

Cette consultation doit comporter une offre disposer par l'entreprise dans un délai bien déterminer sous forme d'un pli (enveloppe) anonyme comportent que les informations relative à l'appel d'offre, à l'intérieur de ce pli, deux autre plis sont disposées représentant :

### **7.2.Offre technique :**

Comportent le dossier technique fiscal, parafiscal de l'entreprise, ainsi autres pièces demandé par le cahier de charge

### **7.3.Offre financier :**

Comporte le deavis descriptif des travaux remplie, signer et viser par l'entreprise ainsi que le planning d'exécution des travaux qui justifier le délai d'exécution

## **7.5. Ouverture des plis (offres)**

A la fin des délais fixés par l'appel d'offre l'administration possède à l'ouverture des offres le jour même.

Une commission doit être désignée à l' avance présider par un représentant du maitre de l'ouvrage pour effectuer l'ouverture des plis en public.

### **7.6. Evaluation des offres :**

Cette opération consiste à analyser et juger les offres retenues lors de l'ouverture des plis.

Une deuxième commission est désignée par le maitre de l'ouvrage et qui possède a l'étude des offres techniques et financières de chaque entreprise.

A la fin de ce jugement une ou plusieurs entreprises est retenue sur la base des conditions fixées par le cahier de charge (généralement le moins disant).

### **7.7. Attribution (provisoire/ définitive du projet) :**

Cette étape finalise l'ouverture et le jugement des offres par une désignation provisoire de l'entreprise retenue.

Un délai de recours commence à partir de cette attribution provisoire et que sera clôturé par une attribution définitive du projet.

Cette étape doit faire l'objet d'affichage et de publication dans des journaux quotidiens.

## **7.8. Etablissement des contacts (convention/ marché publique)**

Un contrat est établi avant le commencement des travaux et qui va relier entre des parties contractantes principalement l'administration (maitre d'ouvrage, l'entreprise, maitre d'œuvre) et service technique ou bureau d'étude.

**7.9. Cahier des prescriptions spéciales (CPS) :**

Il contient plusieurs articles à issue de code de marché publique et dans lequel doit être définie tous les points pouvant être sauvegardés au moment de réalisation et même après.

**7.10. Devis descriptif :**

Ce document contient la description détaillée de toute opération ou incluse dans le cadre de projet, il permet de départager en cas d'éventuelle litige.

Toutes spécifications nécessaires ou complément du devis quantitatif ou estimatif sont décrits dans le devis.

**7.11. Bordereau des prix unitaire et devis quantitatif :**

Cette partie est composée d'un bordereau des prix unitaires dans lequel les prix unitaires sont arrêtés en chiffre et en lettres et un devis quantitatif et estimatif dans lequel les prix sont appliqués à des quantités permettant d'arrêter l'estimation de l'ouvrage.

**7.12. Ordre de service (ODS) : Début officiel des travaux**

Une fois, le contrat établi entre le maître d'ouvrage (administration) et l'entreprise chargée à la réalisation, un ordre de service est notifié à l'entreprise pour marquer le commencement officiel des travaux.

**8. INSTALLATION DU CHANTIER :**

Cette étape est marquée par une 1<sup>ère</sup> sortie sur chantier en présence des parties contractantes et toutes personnes pouvant avoir relation avec l'opération à réaliser.

Lors de l'installation du chantier un dossier d'exécution est délivré à l'entreprise, cette étape est sanctionnée par un procès verbal d'installation du chantier.

**8.1 Exécution des travaux :**

Le déroulement des travaux impose le respect du planning d'avancement établie à l'avance, le respect des clauses du devis descriptif et quantitatif, l'utilisation rationnelle des documents de dessins (levée topographique, trace au plan, profil au long, plan de montage et de coffrage). Il est important de respecter les rendez-vous fixés pour la visite du chantier et d'établir un PV au moment de chaque visite dans lequel il est signalé l'avancement des travaux et éventuellement les problèmes rencontrés et les solutions proposées.

**8.2. Mécanisation des travaux :**

Dans les chantiers modernes la technologie c'est l'imposée sous différentes formes nécessitant la mécanisation des travaux qui se traduit par l'emploi d'engins mécaniques dans l'exécution des différentes opérations sur chantier.

L'étude de la nature du travail à effectuer permet de déterminer le type d'engins à utiliser ainsi que sa capacité.

La réalisation d'un travail mécanisé impose au responsable du chantier l'analyse des différents paramètres et contraintes entrant dans l'exécution d'une opération.

Les paramètres peuvent être résumés comme suit :

- La nature du travail à réaliser (qualité de l'exécution selon le devis descriptif)
- La quantité des travaux à exécuter (d'après le devis quantitatif)
- Le rendement de l'engin (d'après les spécifications de l'engin, la nature de l'opération à réaliser)
- Les délais d'exécution (en fonction du rendement de l'engin, la quantité à réaliser).

### **8.3. Délais théorique d'exécution :**

Ce délai est le résultat de la somme de plusieurs sous-délais calculés pour chaque opération à réaliser et des rendements des engins utilisés, il est déterminé par :

$$T = Q/R \quad \text{quantité/ rendement}$$

Ce délai est proportionnel au rapport entre la quantité à exécuter et le rendement de l'engin utilisé.

### **8.4. Rendement mécanique :**

Pour les engins mécaniques, on considère que le R désigne le rapport ;  $R = Q/T$

La quantité qui peut être réalisée avec l'engin par unité de temps en exploitant le même engin.

## **CHAPITRE 2**

### **ETAPES POUR LA REALISATION D'UN PROJET D'AEP**

## 1. MATURATION D'UN PROJET D'AEP :

Les décisions pour la réalisation d'un projet d'AEP ne sont pas une simple coïncidence, avec les problèmes relatés par la population et la société, mais plus tôt ces décisions mûrissent après plusieurs causes :

- Selon les diverses projections faites sur les instruments de travail, appelés plans directeur d'aménagement et de l'urbanisme (PDAU) et plan d'occupation du sol (POS).
- Sur la demande des autorités locales qui veillent sur les diverses difficultés du citoyen, du secteur public et de l'industrie en cette denrée vitale qu'est l'eau.
- Après requête de citoyen relatant un manque flagrant en eau potable
- Ou en absence totale de réseau d'AEP.

Les diverses requêtes et soucis des autorités sont transmises à la DHW pour individualisation des projets de réalisation aux fins d'une alimentation en eau potable.

La DHW aura établi dans ce sens une fiche technique d'inscription des projets soit d'étude soit de réalisation.

Les fiches techniques, seront transmises à leur tour au ministère des ressources en eau et à la wilaya afin de prendre toutes les dispositions administratives et financière permettant l'inscription de ces projets.

L'opération ne peut devenir mûre qu'après enquête de la part du ministère de tutelle et des services de la wilaya et ceci bien avant la remise d'arbitrage.

Le jour d'arbitrage sera programmé au niveau du ministère des finances, en présence des services de la direction de la planification et de l'aménagement de territoire, des services de la direction de l'hydraulique, des services de la wilaya et les services du ministère des ressources en eau.

A la lumière de cette réunion un certain nombre de projet seront dégagés sous forme d'opération et ceci par priorité. L'enveloppe financière de chaque projet est arrêtée compte tenu de la fiche technique transmise auparavant dans le cadre du plan de développement.

Les suites à cette réunion seront sanctionnés par l'accord de ces projets transmis par le ministère à la DHW de la wilaya, sous forme d'intitulée d'opération et d'enveloppe financière arrêtée en commun accord lors de la réunion d'arbitrage

Il sera ensuite établi au niveau de la DHW des fiches techniques afférentes aux projets retenues et ceci pour la 2<sup>ème</sup> fois et qui vont permettre l'inscription définitive de ces opérations. Ces fiches seront transmises à la DPAT (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire).

Des décisions d'inscription signés par le wali de la wilaya constituent pour les services de l'hydraulique les actes de naissances de telle ou telle opérations elles comportent : l'intitulée de l'opération, le numéro de l'opération et le coût de l'investissement ventilé sous forme de rubrique tel que étude, bâtiment, travaux publics et équipements indemnisation et appel d'offre.

L'opération ensuite prend effet actif par l'élaboration de cahier de charge avant toute activité par l'administration en 12 exemplaires et il comprend :

- la lettre de soumission.
- la déclaration à souscrire.
- le cahier des prescriptions spatiales.
- le cahier des prescriptions techniques.
- le bordereau des prix unitaires.
- le devis quantitatif et estimatif.
- le planning des travaux.

### **1-1- Lettre de soumission :**

Établie en conformité des dispositions de l'article 51 du décret présidentiel n° 10.236 du 07 octobre 2010 portant réglementation des marchés publics.

### **1-2- Déclaration à souscrire :**

Établie en conformité des dispositions de l'article 51 du décret présidentiel n° 10.236 du 07 octobre 2010 portant réglementation des marchés public.

### **1-3- Cahier des prescriptions spéciales :**

Il est composé de plusieurs articles permettant la prise de charge administrative du projet et ceci conformément à la réglementation en rigueur. Ces articles sont énumérés ci-après :

- Objet du marché.
- Mode de passation.
- Pièces contractuelles.
- Délai de garantie.
- Engagement.
- Actualisation du marché ou de la convention.
- Révision des prix.
- Mise en vigueur du marché.
- Banque domiciliaire.
- Rendez-vous sur chantier.
- Critères généraux pour l'exécution des travaux.
- Intérêts sur retard de paiement.
- Responsabilité civile.
- Règlements appliqué au marché ou à la convention.

### **1-4- Cahier des prescriptions techniques :**

Il présente l'organisation du chantier, les prestations techniques à exécuter, les essais de contrôle, les essais de mise en service, et la remise des lieux à l'état initial, sous forme d'articles réglementent techniquement aussi la réalisation d'un projet. L'élaboration de ce cahier est faite administrativement et techniquement et conformément à la réglementation en vigueur tel que le décret présidentiel n°02-250 du 24/07 /2002 portant réglementation des marchés de l'opérateur public modifié est complété par les décrets présidentiel 03/301 du 11/09/2003 et 08/338 du 26/10/2008.

### **1-5- Bordereau des prix unitaires :**

Il représente la définition du prix des travaux à l'unité en hors taxes et un descriptif des travaux à fournir.

### **1-6- Devis quantitatif et estimatif :**

Il représente l'estimation du projet du point de vue quantité et du point de vue financière, en toutes taxes comprises depuis l'installation du chantier jusqu'à la dernière présentation à réaliser avant réception du projet.

### **1-7- Planning des travaux :**

La planification et la coordination sont en général assurées à l'aide d'un <<planning à barres>>, dit aussi <<planning Gantt>> c'est un planning à grosses mailles. Il est conçu de la manière suivante :

A gauche et verticalement, de haut en bas ou inversement, on inscrit la désignation des phases de travaux dans l'ordre technique de leur déroulement traditionnel. En face de chaque tâche est horizontalement, on dessine un trait ou un rectangle, dont la longueur est proportionnelle à la durée de l'intervention selon une échelle de temps convenue.

Les plannings Gantt sont d'une utilité contestable, pour les entreprises et d'un faible secours pour la direction du chantier. Dès l'avancement des travaux ne doit presque plus rien au planning, remplacé par la bonne volonté de tous et souvent l'improvisation résultant des dernières données du moment.

Ces plannings permettent d'effectuer un pointage à un moment donné, mais n'autorisent pas à envisager des modifications en appréciant toutes les conséquences sur les différents corps d'état. Ils se révèlent de ce fait peu opérationnels.

les plannings peuvent même être conçus comme document de contrôle de l'avancement : pochage des lignes d'activités au jour le jour, indication dans les cases réservées à cet effet du nombre réel d'hommes utilisées ou d'heures travaillées.

## **2- ELABORATION DU MARCHE OU DU CONTRAT DE REALISATION :**

### **2-1- Mode de passation des marchés publics :**

En application des dispositions, les marchés publics sont passés selon la procédure d'appel d'offres qui constitue la règle générale ou la procédure de gré à grés.

#### **2-1-1 L'appel d'offre :**

L'appel d'offre est la procédure visant à obtenir les offres de plusieurs soumissionnaires entrant en concurrence et à attribuer le marché au soumissionnaire présentant les offres jugées les plus favorables.

L'appel d'offre peut-être national et/ou international, il peut se faire sous l'une des formes suivantes :

- l'appel d'offre ouvert.
- l'appel d'offre restreint.
- la consultation sélective.
- l'adjudication.
- le concoure.

L'avis d'appel d'offre est rédigé en langue nationale, et au moins dans une langue étrangère. Il est publié obligatoirement dans le bulletin officiel des marchés de l'opération public (BOMOP) et au moins dans deux quotidiens nationaux.

L'avis d'appel d'offre doit comporter les montions obligatoires suivantes :

- la raison sociale et l'adresse du service contractant.
- le mode d'appel d'offre (ouvert ou restreint national et/ou international)
- L'adjudication ou le cas échéant le concoure.
- l'objet de l'opération.
- les pièces exigées des candidats par le service contractant.
- La date et le lieu de dépôt des offres.
- l'obligation de caution, s'il y a lieu.
- la présentation sous double plis cacheté avec mention "à ne pas ouvrir" et
- Les références de l'appel d'offre.
- le prix de la documentation, "le cas échéant".

La date de dépôt des offres est fixée en fonction d'éléments tels que la complexité de l'objet du marché projeté et le temps normalement nécessaire pour la présentation des offres et l'acheminement des soumissions.

En tous états de cause, la date fixée doit permettre à la concurrence, la plus large possible, de jouer pleinement.

### **2-1-2- La commission d'ouverture des plis :**

L'ouverture ce faite en séance publique, des plis techniques et financière, en présence de l'ensemble des soumissionnaires, préalablement informés, intervient à la date limite de dépôt des offres prévue.

Les résultats de l'évaluation des offres techniques et financières sont communiqués par avis d'attribution provisoire du marché sur les mêmes journaux ayant annoncé l'appel d'offre.

- la commission d'ouverture des plis a pour mission :
- de constater la régularité de l'enregistrement des offres sur un registre.
- de dresser la liste des soumissionnaires dans l'ordre d'arrivée, avec l'indication du contenu et des montants des propositions.
- de dresser une description détaillée des pièces constitutives de chaque offre.
- de dresser une séance tenante le procès-verbal signé par tous les membres présents de la commission, qui doit contenir les réserves éventuelles formulées par les membres de la commission.

### **2-1-3- La commission d'évaluation des offres :**

La qualité des membres de la commission d'évaluation des offres, est incompatible avec celle des membres de la commission d'ouverture des plis.

Cette commission élimine les offres non conforme à l'objet du marché et au contenu des cahiers de charge.

Elle procède à l'analyse des offres restantes en deux phases sur la base de critère et de la méthodologie prévue dans le cahier des charges.

Elle établit dans une première phase, le classement technique des offres et élimine les offres qui n'ont pas obtenu la note minimale prévu au cahier des charges.

Les offres financières des soumissionnaires pré qualifiés, seront dans une deuxième phase, examinées pour retenir conformément au cahier des charges soit l'offre la moins-disant, lorsque il s'agit de prestations courantes, soit l'offre économiquement la plus avantageuse, lorsqu'il s'agit de prestations techniquement complexes.

#### **2-1-4- Avis d'attribution provisoire du marché :**

L'avis d'attribution provisoire du marché est inséré dans les organes qui ont assuré la publication de l'avis d'appel d'offre, en précisant le prix, les délais de réalisation et tous les éléments qui ont permis le choix de l'attributaire du marché.

Le soumissionnaire qui conteste le choix opéré par le service contractant dans le cadre d'un avis d'appel d'offre, peut introduire un recours dans les dix (10) jours à compléter de la publication de l'avis d'attribution provisoire du marché, auprès de la commission des marchés compétente.

Une fois le délai passé sans qu'il y est recours de la part d'un des soumissionnaires, le projet sera considéré attribuer, définitivement à son détenteur provisoire.

A partir de cette date, l'administration aura à établir les marchés afférents au projet au nom de l'entreprise retenue par la commission de jugement des offres.

Elle aura ensuite à transmettre ce marché à la commission des marchés de la wilaya pour approbation.

#### **2-2- Elaboration de l'ordre de service :**

Après approbation du marché par le comité de wilaya et après levée de la réserve émise par ce contrôle externe, ce marché est engagé auprès du contrôleur financier de la wilaya chargé des paiements. Puis l'entrepreneur est avisé du démarrage des travaux par l'établissement d'une pièce administrative appelée "ordre de service de démarrage des travaux". L'entrepreneur est tenu d'exécuter les ordres et les consignes qui lui seront communiquées par le responsable du projet et régulariser toutes les anomalies qui seront constatées le long des travaux.

### **3- ORGANISATION DU CHANTIER :**

Le début de l'ordre d'exécution mise en œuvre de l'O.D.S (Ordre de service) se matérialise par l'installation du chantier.

L'entrepreneur effectuera toutes les démarches et assurera tous les travaux pour l'alimentation en eau du chantier, l'installation des WC provisoire, la vidange et la désinfection périodique de ces installations, la clôture provisoire, l'éclairage et le gardiennage ainsi que l'enlèvement de tous les déchets.

#### **3-1-Les étapes des travaux sur chantier :**

Les étapes des différents travaux au niveau des chantiers pour la réalisation d'un réseau d'AEP sont :

- Implantation du tracé des tranchés sur terrain.
- Excavation des tranchées.
- Pose des conduites.
- Essai des canalisations.

### **3-2- Implantation du tracé des tranchées sur terrain :**

#### **3-2-1- Travaux préliminaires :**

Avant de commencer le chantier de pose il faut :

- faire sur le terrain le tracé et le profil en long des canalisations
- reporter la position de tous les ouvrages enterrés existants tel que réseau d'assainissement, câbles électroniques et PTT, canalisation de gaz.

Pour un repérage précis on peut exécuter des sondages de reconnaissances, perpendiculairement aux tracés des canalisations indiqués sur les plans du projet.

#### **3-2-2- Nivellement :**

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux ou plusieurs points situés sur une pente uniforme. Le nivellement a pour but de définir le relief d'un terrain en fixant l'altitude d'un certain nombre de points. Toutes les cotes sont données par rapport à un niveau de base, appelé plan de comparaison. Lorsque le terrain présente des obstacles, on procède au nivellement par cheminement et par un simple calcul, on détermine la hauteur de chaque point ainsi que la profondeur de la tranchée en ce point.

### **3-3- Excavation des tranchées :**

Lorsque la tranchée doit être sur un voie de circulation il est conseillé de découper la chaussée au moyen d'un scie au d'un marteau piqueur afin de ne pas dégrader les parties voisines et de ne pas déposer le déblai près de la fouille.

Le terrassement est ensuite réalisé dans les terrains meubles avec les engins classiques tels que pelle mécanique à pneus ou à chenilles pour les travaux compagne, il est conseillé de mener le terrassement de l'aval vers l'amont, cette position permet une auto évacuation d'eau du fond de fouille.

Le fond de la fouille doit présenter une sur largeur de part et d'autre de 0.3m. Aux droits des joints il peut être nécessaire de pratiquer au fond de la tranchée des niches.

En général la profondeur de tranchée est telle que l'épaisseur du remblai au-dessus de la génératrice supérieure des conduites soit de l'ordre de 0.80 à 1,00 m

#### **3-3-1- Confection du lit de pose :**

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui soit :

- des actions de l'effet latéral des terres.
- des transmissions continues des charges sur le tuyau.
- des actions ponctuelles résultant de présence de corps dur à sa périphérie. En général l'épaisseur du lit de pose en sable est de 0.1 m au-dessous de la génératrice inférieure du tuyau.

#### **3-3-2- La profondeur ( $H_{tr}$ ) :**

La profondeur de la tranchée dépend du diamètre de la conduite .Elle est donnée par la relation suivante :

$$H_{tr} = D + h + h_1$$

Htr : Profondeur de la tranchée (m).

D : Diamètre de la conduite (m).

h : Hauteur de la génératrice supérieure de la conduite à la surface du sol. En générale entre 0.8m à 1m

$h_1$  : épaisseur du lit de pose  $h_1 = 0,1$  m.

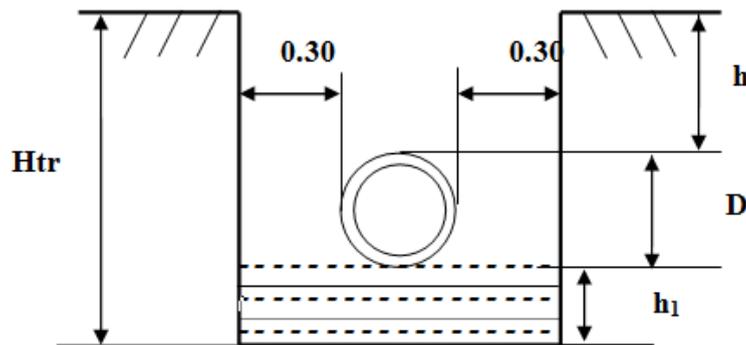
### 3-3-3- Largeur de la tranchée :

Le largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite.

$$b = D + 0,6 \text{ m.}$$

b : largeur de la tranchée (m).

D : Diamètre de la conduite (m).



**Figure 1** : schéma pose de canalisation

### 3-3-4- Remblayage des tranchées :

Le remblayage des tranchées comporte en général deux phases principales :

- A. remblai d'enrobage.
- B. remblai supérieur.

#### A) Remblai d'enrobage :

L'enrobage est une opération délicate pour la stabilité du tuyau elle assure son calage et la transmission régulière de l'effet latéral des terres, il comprend :

- le lit de pose.
  - l'assise.
  - le remblai de protection.
- **Le lit de pose :**

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur les zones d'appui et qui sont :

- Des actions de l'effet latéral des terres.
- Des transmissions continues des charges sur le tuyau.
- Des actions ponctuelles résultant de présence de corps durs à sa périphérie.

Le fond des tranchées est dressé soigneusement aux cotes prévues au projet, et compacté si nécessaire.

Il convient de mettre soigneusement le niveau du fond de fouille et de le dégager de tous objets tranchants, arrêtes et pierres.

Si ce n'est possible, il convient d'importer des matériaux appropriés et de les déposer en un lit de 0.1m d'épaisseur minimum.

Le lit de pose à une hauteur minimale de 10 cm. On peut trouver des matériaux convenables pour le lit de pose de l'enrobage en sélectionnant les déblais naturels.

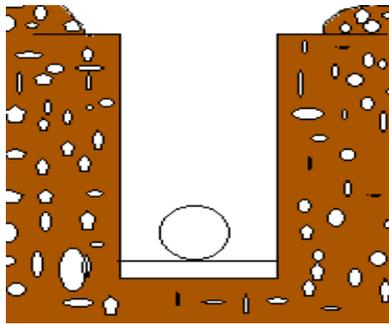


Figure 2 : Lit correct

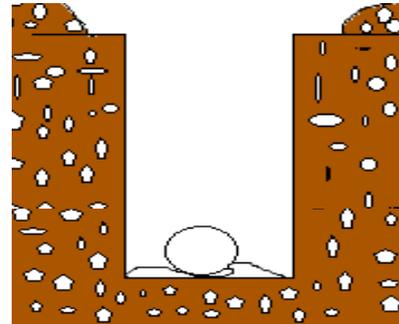


Figure 3 : Lit incorrect

#### ❖ Pose des canalisations :

Les tuyaux sont ensuite descendus soigneusement dans la tranchée par des dispositifs de levage tel que pelle mécanique, grue.



Figure 4 : Pose des canalisations

Avant la descente des conduites en fouille, on procède à un triage des conduites de façon à écarter celle qui sont subies un choc et aussi pour les débarrasser de tous corps étrangers. Les conduites seront par la suite posées lentement à l'aide d'une pose tube dans le fond de fouille. Cette pose s'effectuera par tronçon successif. Au cours de la pose on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux. Pour opérer correctement on utilise des niveaux.

A chaque arrêt de la pose, on bouche les extrémités du tronçon de la conduite.

## **4. ESSAI DES CANALISATIONS**

### **4.1. Préparation de l'essai :**

Le matériel d'épreuve devra être installé dans la mesure du possible au point le plus bas du profil de la conduite afin de faciliter l'expulsion de l'air lors du remplissage de la conduite.

Les longueurs des tronçons à éprouver dépendent du diamètre de la conduite et des conditions de chantier. Pour les conditions de grande dimension, les épreuves se feront par section de 500 m de longueur au maximum. La longueur optimale pour les essais devra se situer de préférence entre 300 et 500 mètres. Avant de remplir la conduite, il convient de s'assurer que tous les robinets d'arrêt et tous les systèmes de purge d'air sont ouverts.

L'eau utilisée pour les épreuves doit être de préférence de l'eau potable. A défaut, on utilisera une eau qui ne soit pas susceptible d'apporter une contamination à l'eau potable qui sera ultérieurement véhiculée par conduite.

### **4.2. Mise en eau :**

- La mise en eau de la conduite est réalisée à l'aide d'un dispositif de raccordement provisoire ; elle est effectuée progressivement.
- Remplir la canalisation en laissant la purge amont ouverte pour laisser l'air sortir entièrement de la canalisation.

Dans l'essai la canalisation remplie au moins pendant 1heure avant le déroulement de l'essai, afin de la stabiliser complètement.

Ne pas dépasser la pression d'essai.

Les poches d'air résiduelle se dissolvent dans l'eau de façon réversible pendant l'épreuve et provoquent une chute de la pression.

### **4.3. Mise en pression :**

Après une mise en pression préalable de 5 minutes faite à la pression d'épreuve, il est procédé à l'ouverture des purges disposées à l'autre extrémité du tronçon d'essai par rapport au manomètre, afin de vérifier qu'il n'existe aucun obstacle (robinet vanne fermé) à la montée en pression sur la totalité du tronçon éprouvé.

La pression est rétablie par la suite à la pression d'épreuve, toutes précautions étant prises pour éviter les coups de bélier. Pour cela, le réseau sera rempli lentement.

### **4.4. Exécution de l'essai :**

Les épreuves sont réalisées comme suit :

Appliquer une pression d'épreuve égale à la pression maximale de calcul de la maintenir 30 minutes en pompant pour l'ajuster.

Ramener la pression à 3 bars à l'aide de purge, fermer la vanne pour isoler le tronçon à essayer.

Enregistrer ou noter les valeurs de pression aux différents temps.

#### **a) l'assise :**

Au-dessus du lit de pose et jusqu'à la hauteur de l'axe de la canalisation, le matériau de

remblai est poussé sous les flancs de la canalisation et compacté de façon à éviter tout mouvement de celle-ci et lui constituer l'assise prévue.

L'ensemble de lit de pose et de l'assise constituent l'appui.

### b) Remblai de protection :

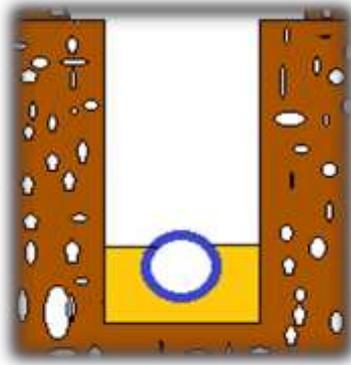


Figure 5 : Appui correct



Figure 6 : Appui incorrect

Au-dessus de l'assise, le remblai et son compactage sont poursuivis par couches successives, symétriquement puis uniformément jusqu'à obtenir une couverture du tube et des assemblages d'au moins 10 cm. Un remblayage de qualité est nécessaire pour assurer d'une part, la transmission régulière des charges agissant sur la canalisation, et d'autre part sa protection contre tout dégât lors de l'exécution du remblai supérieur.

### c) Remblai supérieur :

L'exécution du remblai supérieur peut comporter la réutilisation des déblais d'extraction de la fouille, si le maître de l'ouvrage l'autorise.

Ceux-ci seront toutefois expurgés des éléments de dimension supérieure à 10 cm, des débris végétaux et animaux, des vestiges de maçonnerie, tous éléments pouvant porter atteinte à la canalisation.

Le compactage doit être particulièrement soigné dans la zone de remblai constituant l'enrobage de la canalisation. Afin d'obtenir la densité voulue du matériau d'enrobage, les méthodes suivantes sont recommandées : damage, utilisation de plaques vibrante ou de rouleaux.

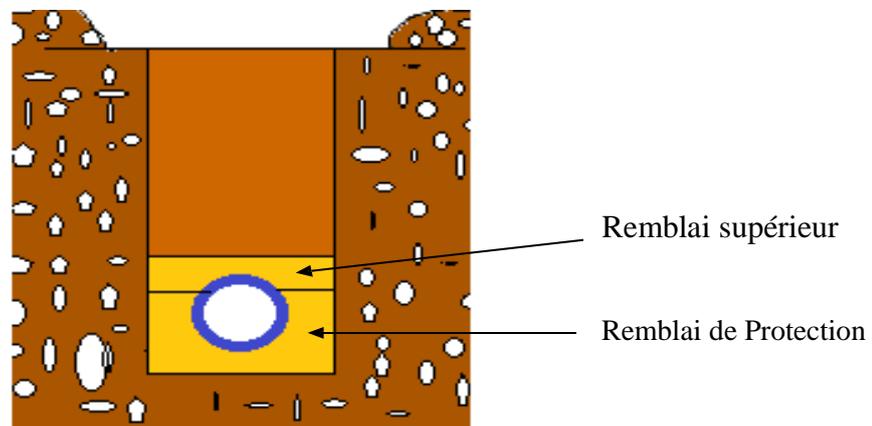


Figure 7 : Le remblai supérieur et le remblai de protection

## **5- CONTROLE DES TRAVAUX PAR LE CHEF DE PROJET CHARGE DE SUIVI DE REALISATION :**

Au démarrage des travaux, il est désigné un agent ayant le grade de technicien ou ingénieur selon la complexité des travaux de suivre leur réalisation durant le délai réservé à leur exécution. Cet agent représente le maître de l'ouvrage lors des réunions afférentes au projet. Par ailleurs ce chargé du suivi et appelée aussi chef de projet représentant de l'administration dans le suivi technique et administrative jusqu'à la clôture du projet.

## **6- ELABORATION DES ATTACHEMENTS :**

L'entrepreneur est tenu d'établir des attachements mensuels des travaux réalisés, tous le 25 du mois et en présence du maître de l'ouvrage. L'attachement des travaux sera établi conformément au contrat et à la réglementation en vigueur. Un délai de 10 jours sera donné à l'entrepreneur pour signer l'attachement. Passé ce délai, l'attachement sera considéré accepté sans réserves.

## **7- ELABORATION DES SITUATIONS DES TRAVAUX :**

La régularisation financière des travaux objet du marché représenté par le devis descriptif, sera faite par paiement bancaire et elle se fera sur la base de l'avancement des travaux. La situation des travaux sera présentée par l'entrepreneur et sera vérifiée par le chargé du suivi du projet. Le maître de l'ouvrage approuvera en dernier lieu cette situation.

L'entrepreneur est tenu de présenter mensuellement les situations des travaux réalisés, en 12 exemplaires et qui seront déposées au niveau de l'administration le 15 du mois comme délai maximum.

L'entrepreneur jouit d'un délai de 10 jours pour contrôler et vérifier l'exactitude de la situation par rapport au devis contractuel.

Le contrôleur financier jouit d'un délai de 20 jours pour vérifier, et contrôler convenablement la situation des travaux qui sera transmise après avoir vérifié sa conformité et informer le maître de l'ouvrage chargé d'informer l'entrepreneur.

## **8- ELABORATION DES PV DE RECEPTION :**

### **8-1- Réception provisoire :**

La réception provisoire des travaux ne peut être annoncée qu'après contrôle de l'exécution totale des travaux du projet en question et avoir constaté la conformité vis-à-vis de l'étude sans anomalies préalables.

Lors des premières visites du chantier, des réserves peuvent être émises à l'entreprise réalisatrice du projet. Par ailleurs la réception provisoire de ces travaux ne peut être annoncée qu'après contrôle et constatation de l'exécution totale des travaux conformément à l'étude sans aucune anomalie préalable ; les réserves principales émises auparavant doivent être levées avant l'annonce de cette réception.

L'entrepreneur doit demander la réception provisoire pour son propre compte et au moyen d'un courrier recommandé avec accusé de réception, une fois les travaux sont achevés ;

L'administration doit fixer dans délai de 10 jours, la date de la réception ne dépasser pas les

20 jours après réception de la demande de l'entrepreneur.

En cas de non réception du maître de l'ouvrage (administration dans les délais cités plus haut sauf en cas de refus ; la réception est considérée acquise en profit de l'entrepreneur. Le procès-verbal de réception provisoire doit être signé par toutes les parties engagées dans le projet.

### **8-2- Réception définitive :**

La réception définitive est annoncée dans les conditions que la réception provisoire et ceci après achèvement du délai de garantie stipulé dans le contrat et après levé des réserves mentionnées lors de la réception provisoire.

Lors du délai de garantie qui est fixé à 12 mois, l'entrepreneur reste responsable envers les travaux réalisés dans le cadre de son projet, et doit veiller sur leur protection et la réfection des anomalies qui peuvent surgir.

### **8-3- Elaboration du décompte générale définitif :**

Après 30 jours de l'élaboration du PV de réception provisoire du projet, il sera présenté un projet de décompte général et définitif de tous les paiements reçus conformes à tous les travaux de réalisation accompagné de toutes les pièces nécessaires pour vérifier son exactitude. L'entrepreneur sera convoqué pour signer le D.G.D (LE DECOMPTE GENERAL ET DEFINITIF) approuvé par l'administration, dans un délai ne dépassant pas les 30 jours. Toutes les redevances de l'entrepreneur seront régularisées dans un délai de 60 jours après la date de signature du D.G.D.

L'exécution d'un projet d'alimentation en eau potable passe par plusieurs étapes, élaboration de la fiche technique d'inscription, à l'appel d'offre au marché, et cela nécessite des moyens humains, financiers et matériels, et des dispositions réglementaires, technique, d'hygiène et de sécurité à suivre et à mettre en place.

## **CHAPITRE 3**

### **ETAPES POUR LA REALISATION D'UN PROJET D'ASSAINISSEMENT**

## 1. INTRODUCTION

La réalisation d'un système d'assainissement est régie par les lois auxquelles est soumis tout chantier se trouvant dans la nature, en milieu urbain ou rural.

Un des critères prépondérants lors de l'attribution d'un projet immobilier à une entreprise de Travaux Publics et hydraulique est la durée de réalisation du projet.

Les constructeurs ont donc rapidement compris l'importance de ce paramètre et ont à cet effet élaboré des différentes méthodes d'organisation afin d'en assurer la maîtrise.

## 2. LES ETAPES D'AVANT-PROJET :

Les éléments d'avant-projet sont :

- ✓ Elaborer le plan du tracé de projet ;
- ✓ Préparation des profils en long ;
- ✓ Etude du type de sol ;
- ✓ Trouvez le plan des réseaux existants ;
- ✓ Calcul du nombre de population future ;
- ✓ Prenant compte de toutes les anomalies et les difficultés rencontrées durant la réalisation de projet ;

### 2.1. Dossier du marché :

Elaboration du cahier de charge doit contenir toutes les clauses régissant l'opération du marché clauses (techniques , spéciales) .

### 2.2. Réalisation du réseau d'assainissement :

La réalisation d'un réseau d'assainissement sur le terrain oblige le technicien à suivre les étapes suivantes :

- ✓ Implantation du tracé des tranchées sur le terrain
- ✓ Vérification, manutention des conduites et les regards ;
- ✓ Décapage de la couche de terre ;
- ✓ Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards ;
- ✓ Aménagement du lit de pose des conduites ;
- ✓ La mise en place des canalisations en tranchée ;
- ✓ Assemblage des tuyaux ;
- ✓ Remblaiement des tranchées ;

### 2.3. Implantation du tracé des tranchées sur le terrain :

On matérialise l'axe de la tranchée sur le terrain avec des marques placées en ligne droite et espacés de (40-50) m. On effectue ce travail en mesurant sur le plan leurs distances par des repères fixés ou des bornes. La direction des axes et leurs extrémités sont ainsi bien déterminées.

## 2.4. Décapage de la couche de terre :

L'opération se fait par un engin sur une couche de (10 à 20) cm, Le volume de la couche végétale à excaver est calculé par :

$$V= bHL \text{ (m}^3\text{)}$$

H : épaisseur de la couche (m) ;

b : Largeur de la couche (m) ;

L : Longueur totale de la tranchée (m) ;

## 2.5. Emplacement des jalons (piquetage) :

Suivant les tracés du plan de masse, les jalons des piquets doivent être placés dans chaque point d'emplacement d'un regard pour chaque changement de direction ou de pente et à chaque branchement ou jonction de canalisation.

## 2.6. Vérification, manutention des conduites et des regards :

Les regards sont généralement de forme carrée ; leurs dimensions varient en fonction des collecteurs, La profondeur et l'épaisseur varient d'un regard à un autre, La réalisation de ces regards s'effectue sur place avec du béton armé, on peut avoir des regards préfabriqués.

Les tampons doivent comporter un orifice, ayant pour but de faciliter leur levage ainsi que l'aération de l'égout.

Les différentes étapes d'exécution d'un regard sont les suivantes :

- Réglage du fond du regard ;
- Exécution de la couche du béton de propreté ;
- Ferrailage du radier de regard et parois ;
- Bétonnage du radier et parois ;
- Coffrage des parois ;
- Décoffrage des parois ;
- Dosage du béton ;

Choisir des matériaux de la canalisation avec plusieurs conditions qui sont :

- Résistant de l'érosion ;
- Composite du matériau pour la sécurité statique ;
- Bonne Viscosité ;
- Poids léger ;

## 3. CHOIX DES ENGINES :

### 3.1. L'engin pour l'excavation des tranchées :

On utilise une pelle équipée en rétro :

Les pelles sont des engins de terrassement qui conviennent à tous les types de terrains. Ce sont des engins dont le rôle est l'exécution des déblais et leur chargement. Ils sont de type à fonctionnement discontinu, c'est à dire que le cycle de travail comprend les temps suivants :

- Temps de fouille ;
- Temps de transport ;
- Temps de déchargement ;
- Temps de remise en position de déblais.

Ces engins très répandus sont utilisés à grande échelle grâce à leur bon rendement et à la qualité du travail qu'ils peuvent fournir.



**Photo 1 :** Pelle équipée en rétro.

### **3.2. L'engin pour le remblaiement des tranchées :**

Les chargeurs : ce sont des tracteurs sur lesquels monte à l'avant deux bras articulés, actionnés par des vérins et porte un godet.

Si les travaux ne sont pas très importants, on utilise le rétro chargeur.



**Photo 2 :** Remblaiement des tranchées

### **3.3. L'Engin pour le compactage :**

L'engin qui convient à cette opération c'est le rouleau lisse, Il comprend :

- Un châssis ;
- Des roues larges (cylindres) avec une couche d'usure d'acier au manganèse ;
- Des organes de manœuvre.



**Photo .3 :** compacteur.

#### **4. EXECUTION DES TRANCHEES ET DES FOUILLES :**

La largeur de la tranchée dépend essentiellement des dimensions extérieures et du type d'emboîtement des tuyaux, de la fondation, de l'espace minimum nécessaire entre la canalisation et la paroi de la tranchée pour réaliser une pose correcte et un remblayage latéral de compacité adéquate, de la profondeur de pose, de la place disponible pour l'exécution des fouilles, de la nature des terrains rencontrés, notamment si les terrassements ne sont pas réalisés à l'abri d'un blindage.



**Photo .4 :** 'retro' pour l'exécution des tranchées

##### **A. Profondeur de la tranchée**

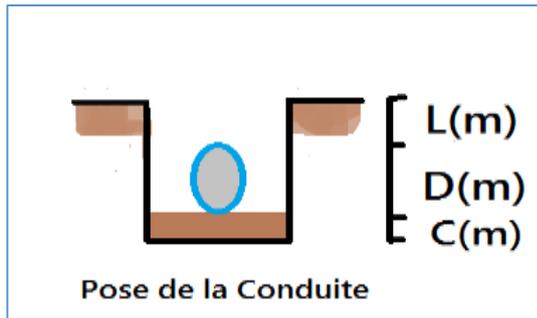
$$H = D + C + L \text{ (m)}$$

H : hauteur de la tranchée (m) ;

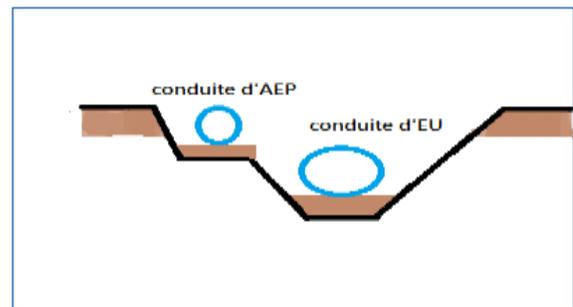
L : Epaisseur du remblai à partir de la génératrice supérieure de la conduite (0,6 à 1, 20 m);

D : épaisseur de la conduite (m) ;

C: épaisseur du lit de sable (0,10 à 0,20 m) ;



**Figure 8 :** Profondeur de tranchée



**Figure 9 :** Position de conduites

### B. Largeur de la tranchée

$$B = D + 2C$$

Avec :

B : Largeur de la fouille au fond (m) ;

D : Diamètre de la conduite (m) ;

C : Espacement entre les parois de la tranchée et la conduite (c = 0,3 m) ;

### C. Sécurité contre l'effondrement :

Pour éviter tous les éboulements et assurer la sécurité du personnel, des dispositions techniques doivent être prises tels que le soutien et le blindage des tranchées, Les analyses sur les accidents ont démontré que sur une période de 10 ans, 7% des accidents graves ou mortels ont eu lieu dans des tranchées étroites dont la profondeur était comprise entre 0,70 mètre et 1,30 mètre. (L)



**Photo 5 :** Sécurité contre l'effondrement

### 5. AMENAGEMENT DU LIT DE POSE DES CONDUITES :

Les conduites seront posées sur un lit de pose de sable d'épaisseur égale au moins à 10 cm. Ce dernier sera bien nivelé suivant les côtés du profil en long.

Le lit de pose doit être constitué de sable contenant au moins 12 % de particules inférieures à 0,1 mm, Si le terrain est instable, des travaux spéciaux se révèlent nécessaire : exécution d'un béton de propreté, des berceaux ou même des dalles de répétition

Le lit de pose est constitué de :

- Gravier dans les terrains ordinaires.
- Pierres cassées qui serviront de drains imperméables ou rocheux.
- Béton maigre pour les terrains rocheux.

## 6. LA MISE EN PLACE DES CANALISATIONS EN TRANCHEE :

De plus, des règles de bonne pratique sont à respecter ; ainsi, il est conseillé de :

- Placer toujours les tuyaux sur des fouilles sèches ;
- Creuser le fond de la fouille, lorsque les tuyaux sont à emboîtement par collet extérieur sur le parcours total, de façon à éviter que les collets ne portent pas sur le sol ;
- Eliminer du fond des fouille tous les points durs (grosses pierres, crêtes rocheuses, vieilles maçonneries,...) qui constituent des tasseaux naturels ;
- En sol rocheux, d'approfondir la fouille de 15 à 20 cm et de confectionner un lit de pose bien damé avec des matériaux pulvérulents ;
- En sols mouvants, marécageux ou organique, de prévoir un appui en béton, éventuellement sur pieux ;
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent ;
- La régularité de la pente entre deux regards consécutifs.
- La fermeture des tuyaux à chaque arrêt de travail pour éviter l'introduction de corps étrangers.



**Photo 6 :** Pose de la canalisation.

La bonne organisation permet de respecter la qualité des travaux, les prix et les délais pour satisfaire le client, et de suivre les prescriptions techniques du cahier de charge, le plan d'exécution du projet sera régié par le bureau d'étude et le maître de l'ouvrage. Finalement on peut conclure que cette phase est très importante pour suivre toutes les étapes de réalisation du projet, en notant toutes les remarques et le taux d'avancement des travaux dans le cahier de charge.

## 7. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Afin d'avoir une idée sur le montant de réalisation de notre projet, il faut passer par le calcul du devis quantitatif et estimatif.

Ce calcul consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur le terrain pour la réalisation du projet, ensuite les multiplier par le prix unitaire correspondant.

Les différentes tâches effectuées par ordre chronologique sont :

- Les travaux de décapage ;
- L'exécution des tranchées ;
- La fourniture et la pose du lit de sable ;
- La fourniture et la pose des canalisations en P.V.C ;
- Les Travaux de remblaiement de la tranchée ;
- Le transport des sols excédentaires.

### 7.1. Détermination des différents volumes :

#### A. Volume de la couche de terre végétale (décapage) :

$$V_{dec} = H_c . L . B$$

$V_{dec}$  : Volume de la couche de terre en (m<sup>3</sup>) ;

$H_c$  : Profondeur de couche de terre ;

$L$  : Longueur totale de la tranchée en (m) ;

$B$  : Largeur de la couche de terre en (m) ;

#### B. Volume des déblais des tranchées :

$$V_{deb} = B . L . H$$

$V_{deb}$  : Volume des déblais des tranchées en (m<sup>3</sup>) ;

$B$  : Largeur de la couche du tronçon en (m) ;

$L$  : Longueur totale de la tranchée en (m) ;

$H$  : Profondeur de la tranchée en (m).

#### C. Volume du lit du sable :

$$V_{ls} = e . L . B$$

$V_{ls}$  : Volume du lit du sable en (m<sup>3</sup>) ;

$e$  : Epaisseur de la couche de sable en (m) ;

$B$  : Largeur de la couche du tronçon en (m) ;

$L$  : Longueur totale de la tranchée en (m).

#### D. Volume occupé par les conduites :

$$V_{condt} = L . \pi . D^2/4$$

$V_{condt}$  : Volume occupé par les conduites en (m<sup>3</sup>) ;

$L$  : Longueur totale de la tranchée en (m) ;

$D$  : Diamètre de la conduite en (m).

**E. Volume du remblai :**

$$V_{rem} = V_{deb} - [ V_{condr} + V_{dec} + V_{ls} ]$$

$V_{rem}$  : Volume du remblai en (m<sup>3</sup>).

**F. Volume excédentaire :**

$$V_{excé} = V_f - V_{remb}$$

$V_{excé}$  : Volume du sol excédentaire en (m<sup>3</sup>) ;

$V_f$  : Volume du sol foisonné en (m<sup>3</sup>).

Tel que  $V_f = V_{deb} \cdot K_f$

$K_f$  : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol :

**Tableau 1 : Coefficient de foisonnement**

Type de sol	$K_f$
sable, matériaux fins	1.08-1.17
Limon argileux	1.14-1.28
Argile	1.25-1.3

**7.2. Planification des travaux :**

Les principales opérations à exécuter sont :

1. Piquetage ;
2. Décapage de la couche de goudron (si elle existe) ou celle de la végétation ;
3. Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards ;
4. Aménagement du lit de pose ;
5. Construction des regards ;
6. La mise en place des canalisations en tranchée ;
7. Constructions des ouvrages annexes ;
8. Assemblage des tuyaux ;
9. Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints ;
10. Remblai des tranchées ;
11. Travaux de finition.

## **CHAPITRE 4**

### **PLANNING ET ORDONNANCEMENT**

**1. INTRODUCTION :**

La méthode PERT est une technique permettant de gérer l'ordonnancement dans un projet. La méthode PERT consiste à représenter sous forme de graphe, un réseau de tâches dont l'enchaînement permet d'aboutir à l'atteinte des objectifs d'un projet.

La notion d'ordonnancement de projet renvoie à la gestion opérationnelle du projet. Elle consiste à optimiser la succession des tâches du projet afin de réduire les coûts et les délais.

**2. HISTORIQUE DE LA METHODE PERT :**

Le PERT (Program Evaluation and Review Technique – Technique d'élaboration et de mise à jour de programme) a été créée en 1958, aux USA pour la planification du programme spatial POLARIS. Le délai initial de ce programme qui a fait intervenir 9000 sous-traitants, était de 6 ans. L'application de la technique du PERT a permis de réduire ce délai à 2,5 ans.

**3. BUT DE LA METHODE P.E.R.T :**

Le but de la méthode PERT sont :

- ✓ Définir le délai total d'accomplissement de l'œuvre et éventuellement proposer des moyens pour le réduire.
- ✓ Connaitre les conséquences du changement de la durée d'une tâche partielle.
- ✓ Evaluer les moyens à mettre en œuvre.
- ✓ Etablir une relation entre les délais et les coûts.

**4. ROLE DU RESEAU PERT :**

a) Le PERT présente d'une façon visuelle l'enchaînement logique des tâches en vue :

- ✓ d'en faciliter la coordination et le contrôle,
- ✓ d'améliorer les prévisions de durée et de coût.

b) Le tracé du réseau PERT permet de connaître le chemin critique (c'est-à-dire le chemin le plus long entre la première et la dernière étape) et par conséquent :

- ✓ la durée totale du projet,
- ✓ les tâches pour lesquelles tout retard entraîne l'allongement du projet.

**5. CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE PERT**

- ✓ L'œuvre doit être divisée en tâches partielles ;
- ✓ La durée de chaque tâche doit être connue ;
- ✓ L'étude technique doit préciser si certaines tâches doivent être impérativement effectuées avant certaines autres tâches.

**6. DESCRIPTION DE LA METHODE PERT**

Le diagramme s'organise sous forme de réseau. Il possède un début et une fin, des étapes et des tâches.



**Figure 10 :** Forme de réseau PERT

• **Les tâches ;**

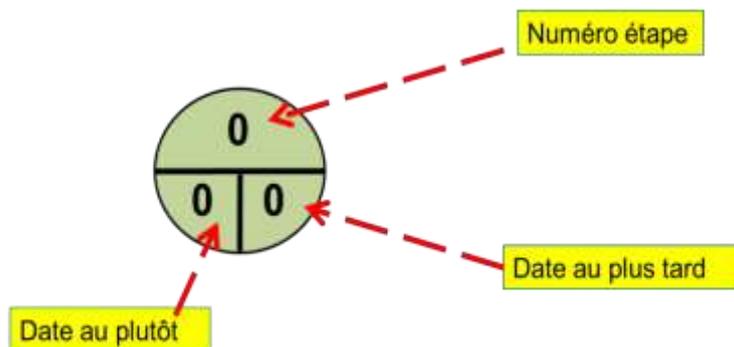
On représente les tâches par des flèches. La longueur des flèches n'a pas de signification ;



**Figure 11 :** Représentation des tâches

• **Les étapes ;**

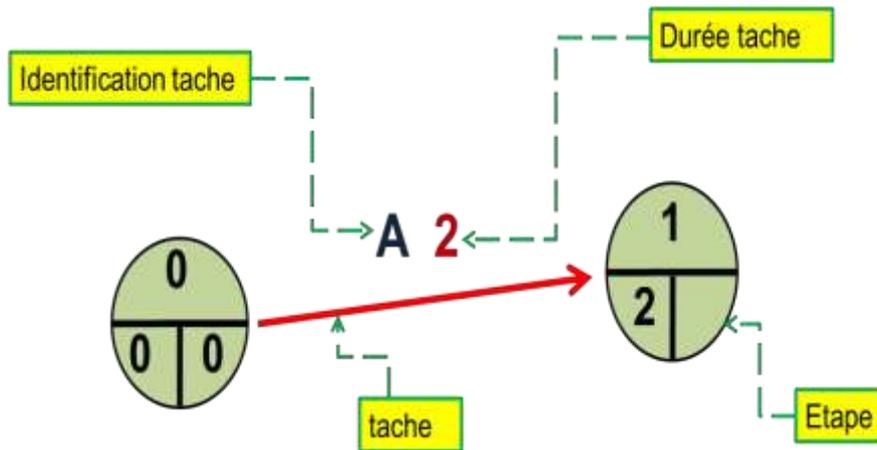
On appelle étape, le début ou la fin d'une tâche. Habituellement on numérote les étapes. On indique aussi leur temps de réalisation au plus tôt et au plus tard



**Figure 12 :** Représentation des étapes

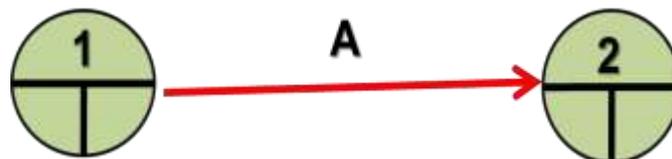
A noter : pour l'ensemble des explications, nous avons utilisé des nombres de jours au lieu de dates. Il est ainsi plus facile de comprendre la logique. Une date au plus tôt de 5 jours correspond à 5 jours après le début du projet.

- Étape 0 : début A
- Étape 1 : fin A
- Étape 1 : début tâche succédant à A

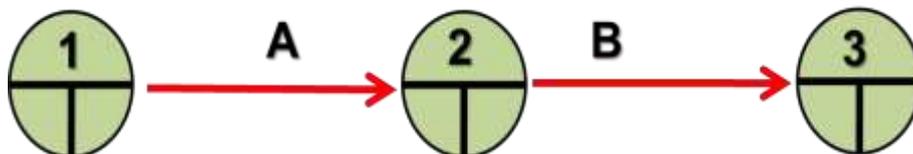


**- Représentation, règles :**

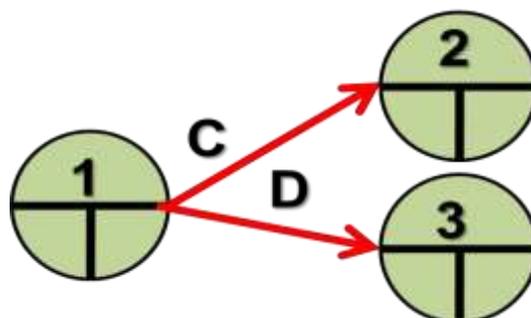
Toute tâche a une étape de début et une tâche de fin. Une tâche suivante ne peut démarrer que si la tâche précédente est terminée.



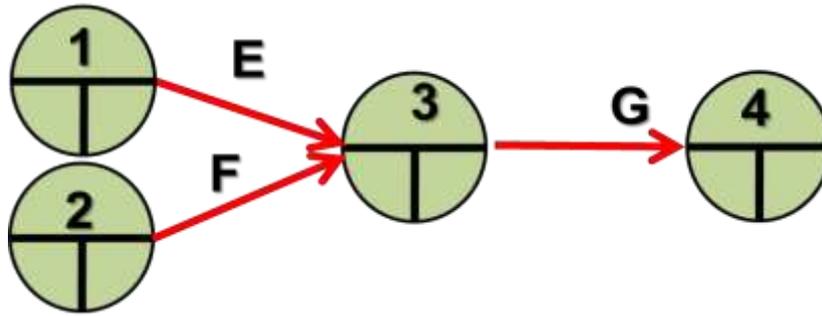
Deux tâches qui se succèdent immédiatement sont représentées par des flèches qui se suivent.



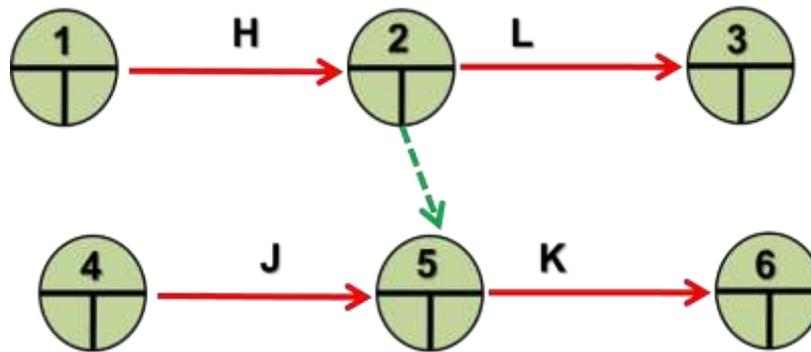
Deux tâches C et D qui sont simultanées (c'est à dire qui commencent en même temps) sont représentées de la manière suivante :



Deux tâches E et F qui sont convergentes (c'est à dire qui précèdent une même étape G) sont représentées de la manière suivante :



Parfois, il est nécessaire d'introduire des tâches fictives. Une tâche fictive a une durée nulle. Elle ne modifie pas le délai final. Par exemple, si la tâche K succède aux tâches H et J, et que la tâche L succède seulement à la tâche H, on représentera le problème de la manière suivante :



**7. LES ETAPES POUR CREER UN PERT :**

**ETAPE 1 :** Préparez les tâches

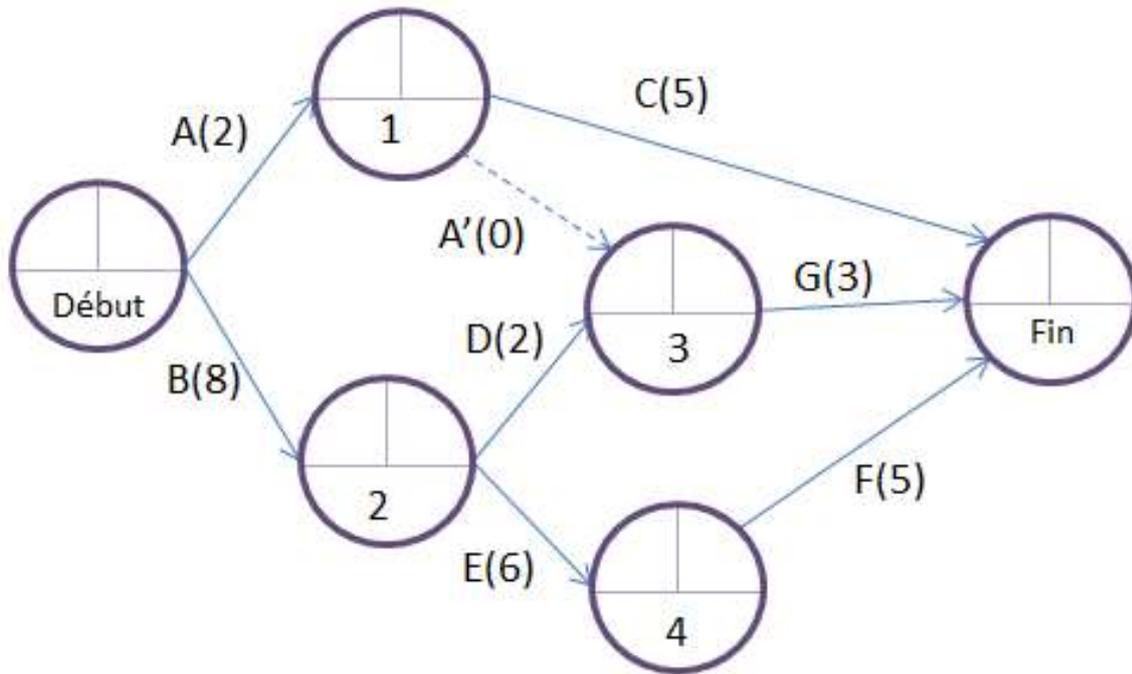
Commencez par lister les tâches - Soyez exhaustif en restant sur un niveau de détail gérable. Estimez leur durée et leur(s) antécédent(s) : pour chaque tâche, évaluer le temps nécessaire pour leur traitement. Exemple de tableau d'antériorités

**Tableau 2 :** Tableau d'antériorités

Tache (x)	Durée	ANTECEDENT
A	2	---
B	8	---
C	5	A
D	2	B
G	3	0
E	6	B
F	5	E
G	3	A, D

**ETAPE 2 :** Construisez le réseau en reliant les tâches entre elles, via des étapes

Reprenez le tableau avec la liste de tâches et montez le réseau en utilisant les liens de dépendance (les antécédents). Indiquez sur le graphique la désignation des tâches et leur durée comme défini précédemment.



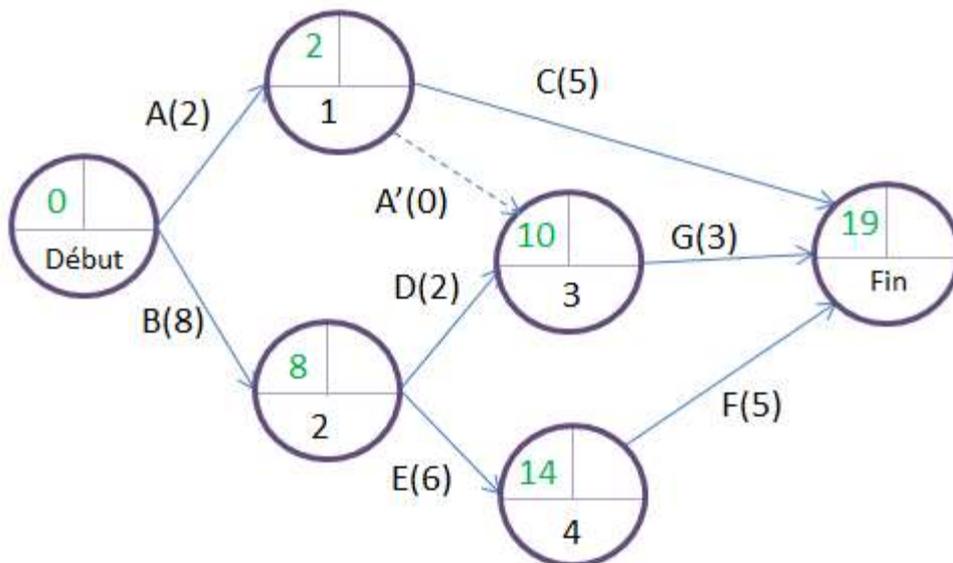
**Figure 13 :** Désignation des tâches et leur durée

La tâche en pointillés est qualifiée de fictive. Nous verrons plus bas comment la traiter.

**ETAPE 3 :** Indiquez les dates au plus tôt

Prenez la première étape (ici "1"), ajoutez la date au plus tôt de l'étape précédente à la durée de la tâche qui la concerne :  $0 + 2$  (tâche A) = 2

Faites de même pour l'ensemble des tâches. Par exemple pour l'étape 4 :  $8 + 6$  (tâche E) = 14.



**Figure 14 :** Indiquez les dates au plus tôt

Lorsque plusieurs tâches convergent vers une même étape (ici l'étape de Fin), retenez comme date au plus tôt, le nombre de jours le plus grand des différentes possibilités.

- Dans notre exemple :

- Le chemin passant par la tâche C donne une date au plus tôt de 7 jours

- par l'étape G, 13 jours

- par F, 19 jours

On retient donc 19 jours, car le projet se finira au plus tôt 19 jours **après son début**.

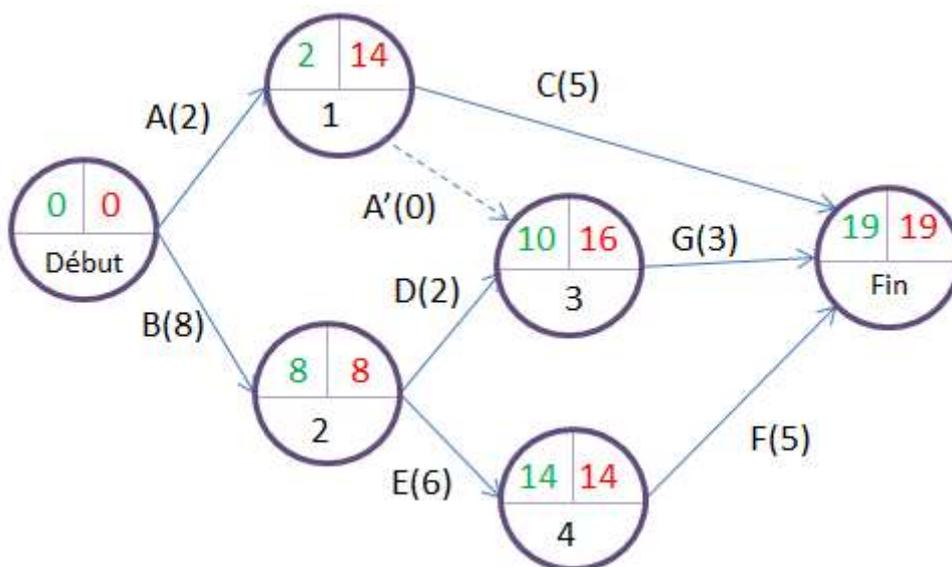
- **Le cas de la tâche fictive**

Concernant la G, elle possède 2 antérieurs D et A. Comme une tâche ne peut être représentée que par une seule flèche, il est nécessaire de créer une tâche fictive. Comme la D possède la date au plus tôt la plus élevée, on crée à son extrémité de façon conventionnelle l'étape 3 - puis on crée une tâche fictive A' avec une durée de 0 reliant les étapes 1 et 3.

**ETAPE 4 : Renseignez les dates au plus tard**

Parcourez le chemin inverse pour calculer les dates au plus tard. Partez de la dernière étape et indiquez la date au plus tard égale à la date au plus tôt, ici 19 jours. Puis remontez le graphe en retranchant cette fois à la date au plus tard de l'étape en question, la durée de la tâche qui la précède pour trouver la date au plus tard de l'étape positionnée en amont.

Exemple pour l'étape 1 : 19 jours (nœud final) - 5 jours (tâche C) = 14 jours



**Figure 15 : Renseignez les dates au plus tard**

Lorsque 2 tâches ont pour origine la même étape, calculez les dates dans les 2 cas et retenez la date la plus petite. Procédez de la même manière avec les tâches fictives.

**ETAPE 5 : Calculez les marges des tâches**

Ces marges sont des degrés de liberté qui permettent d'absorber des retards. Elles assurent la flexibilité du projet.

- **Définition de la marge totale**

La marge totale représente le retard que peut prendre la réalisation d'une tâche sans impacter la date de fin du projet (à condition qu'elle ait commencé à sa date le plus tôt).

Pour évaluer la marge d'une tâche, prenez les 2 étapes qui l'entourent et appliquez le calcul suivant :

**Formule de la marge totale :** Date au plus tard de l'étape suivante - Durée de la tâche - Date au plus tôt de l'étape précédente

Exemple : pour l'étape D, la marge totale est de 6 jours (16-2-8).

- **Définition de la marge libre**

La marge libre correspond au retard que peut prendre la réalisation d'une tâche sans impact sur la date au plus tôt des tâches suivantes (à condition qu'elle ait débuté à sa date le plus tôt).

**Formule de la marge libre :** Date au plus tôt de l'étape suivante - Durée de la tâche - Date au plus tôt de l'étape précédente

A noter : la marge libre ne peut pas être supérieure à la marge totale

Ce qui est particulièrement important lorsqu'une équipe extérieure doit intervenir à une date précise. Il ne faut pas que cette date soit décalée à cause du retard de la tâche précédente.

- Calcul des marges dans l'exemple

**Tableau 3 :** Calculez les marges des tâches

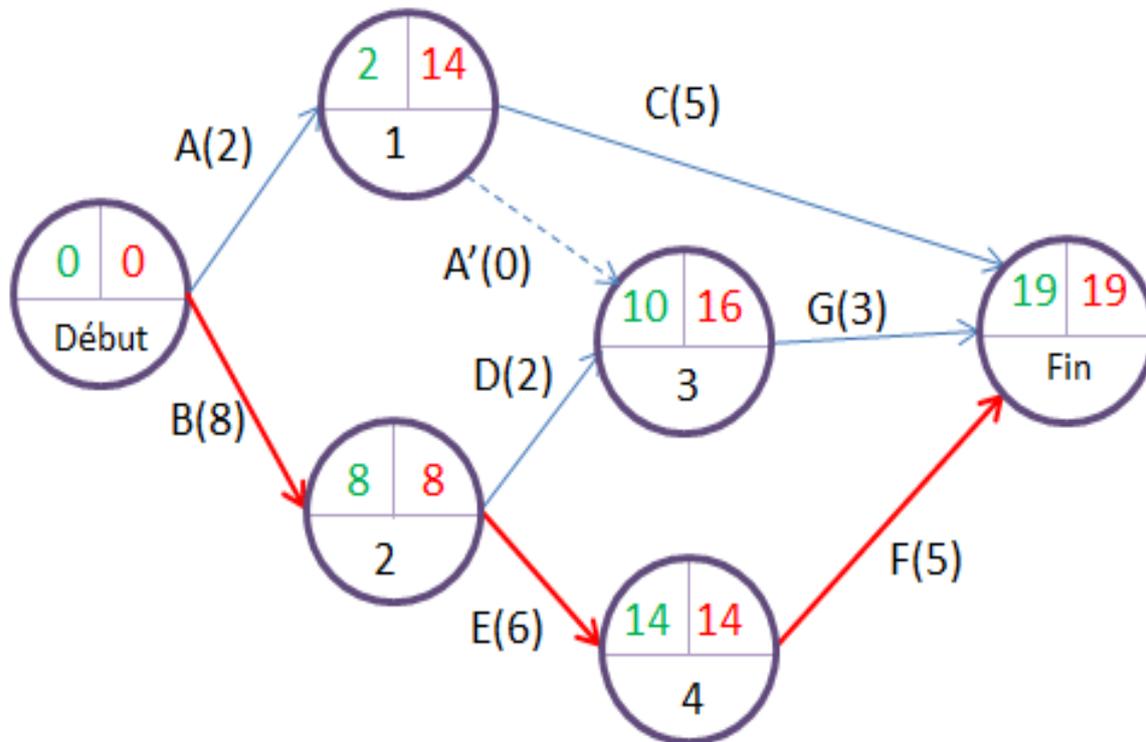
TACHE	MARGE LIBRE	MARGE TOTALE
A	0	12
C	12	12
B	0	0
D	0	6
G	6	6
E	0	0
F	0	0
A	0	12

**ETAPE 6 : Définition du chemin critique**

Il s'agit du chemin passant par les tâches dont la marge totale est nulle. Ce tracé indique le délai incompressible pour réaliser le projet.

Une fois le PERT terminé, il est conseillé de construire un planning **Gantt** pour faciliter la visualisation et la gestion au quotidien.

A noter que ce diagramme ne se monte pas une fois pour toutes en début de projet. Il demande à être actualisé en fonction des événements (retards...).



**Figure 16** : Définition du chemin critique

### Exercice :

L'exercice simplifié, présente l'installation d'une pompe. Cette pompe nécessite la réalisation de 08 tâches pour la phase logistique, les antécédents et la durée estimative de chaque tâche se présentent dans le tableau ci-dessous :

Liste des opérations nécessaires à l'installation de la pompe :

- A : Etudes et calculs des besoins en composants et matières ;
- B : Délai de livraison de l'ensemble de tuyauterie ;
- C : Appel d'offre pour l'ensemble des composants ;
- D : Délai de livraison de la pompe ;
- E : Délai de livraison de l'ensemble électrique ;
- F : Installation et montage de la partie hydraulique (tuyauterie + pompe) ;
- G : Branchements et raccordements électriques de la pompe et ses tuyauteries ;
- H : Mise en route de l'ensemble.

Tache (x)	P (x)	S(x)	Durée en jours
A	----		1
B	C		5
C	A		10
D	C		5
E	C		3
F	B et D		4
G	E et F		2
H	G		1

**P(x)** : signifie calendrier de « précédent » où antériorités  
**S(x)** : signifie calendrier de « suivants » où postériorités

Travail à faire :

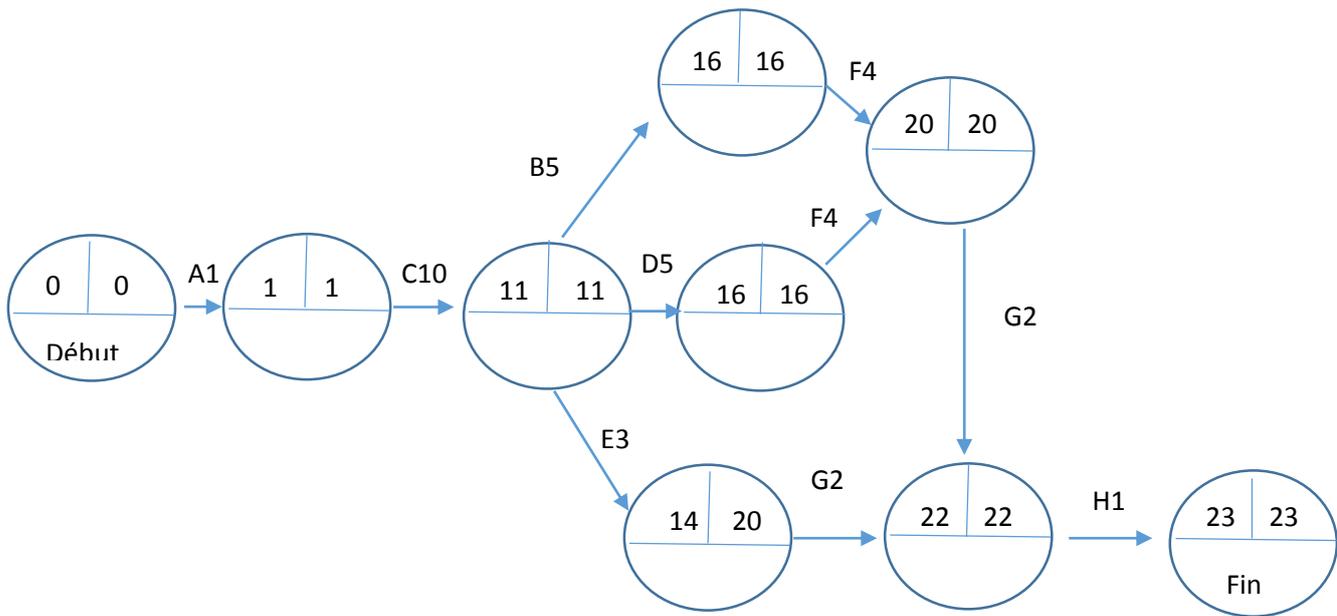
- Tracer un réseau PERT
- Déterminer la durée finale de réalisation de ce projet.
- Déterminer le chemin critique
- Calculer et interpréter toutes les marges totales et libres.

**Corrigé :**

- **Déterminer la durée finale de réalisation de ce projet.**

Tache (x)	P (x)	S(x)	Durée en jours
A	----	C	1
B	C	F	5
C	A	BDE	10
D	C	F	5
E	C	G	3
F	B et D	G	4
G	E et F	H	2
H	G	----	1

▪ **Tracer un réseau PERT**



▪ **Déterminer le chemin critique**

Le chemin critique :  $A+C+D+B+F+G+H = 1+10+5+5+4+2+1 = 28$  jours

**8. DEFINITION DU DIAGRAMME DE GANTT :**

Le diagramme de GANTT est une technique très utilisée de construction de planning conçue par Henry L. GANTT (en 1917). Cette technique permet de modéliser les tâches d'un projet sous forme de barre sur une échelle chronologique et de représenter leur indépendance. Il permet en outre d'associer les responsabilités à chacune des tâches.

Le diagramme de GANTT est la technique et représentation graphique permettant de renseigner et situer dans le temps les phases, activités, tâches et ressources du projet. En ligne, on liste les tâches et en colonne les jours, semaines ou mois. Les tâches sont représentées par des barres dont la longueur est proportionnelle à la durée estimée. Les tâches peuvent se succéder ou se réaliser en parallèle entièrement ou partiellement.

**Tableau 4 : Diagramme de Gantt**

PLANNING GENERAL													Chantier:					Mois	
TACHES		1			2				3			4		Semaines					
N°	Désignation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15	16	17
1	Fouilles en rigole	█	█	█															
2	Béton de propreté			█	█														
3	Semelles filantes				█	█	█	█	█										
4	Murs sous-sol					█	█	█	█	█	█	█	█						
	Etc...												█	█	█				

**8.1. Objectifs du diagramme de Gantt :**

- ✓ Visualiser les tâches à réaliser et les éventuels dépassements
- ✓ Visualiser le qui fait quoi et quand (avec des possibilités de tri)
- ✓ Visualiser l'enchaînement des tâches dans le temps
- ✓ Suivre le degré d'avancement des travaux

**8.2. Démarche de réalisation du diagramme de Gantt :**

Dans un diagramme de Gantt, sont représentés :

- ✓ En abscisse les unités de temps (exprimées en mois, en semaine ou en jours). La longueur des barres représentant les tâches sont proportionnelle à leur durée estimée
- En ordonnée les différents postes de travail (ou les différentes tâches) Pour réaliser un planning selon la méthode du diagramme de Gantt :
- ✓ Choisir un outil adapté (cf. paragraphe suivant sur les outils)
- ✓ Positionner dans le diagramme :

Les différentes tâches

- ✓ Les contraintes de simultanéité ou d'enchaînement des tâches les unes par rapport aux autres
- ✓ Le temps total d'intervention (durée et nombre de jours-homme)
- ✓ Les acteurs indispensables pour la réalisation de chacune de ces tâches.

**Exemple 1:** Nous avons choisi un exemple excessivement simple pour expliquer la manière dont un Gantt se construit. Supposons qu'on cherche à ordonnancer la réalisation des tâches d'un projet ayant les caractéristiques suivantes :

Tâches à réaliser :

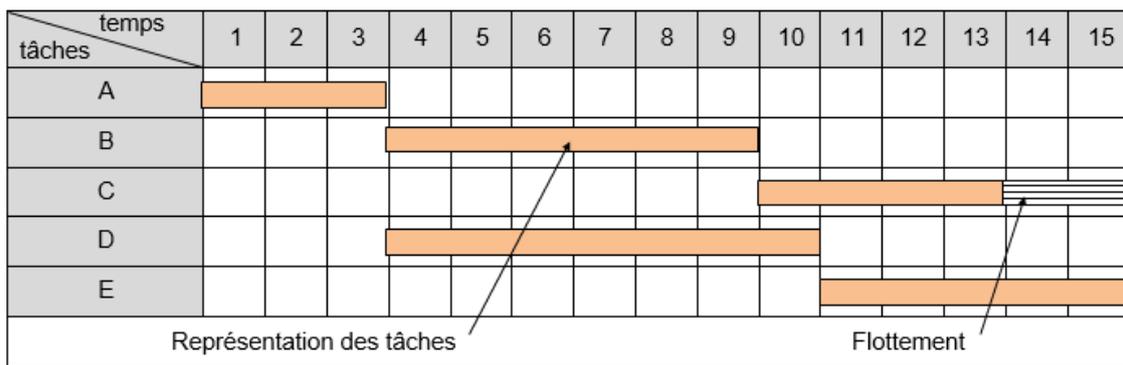
- Tâche A : durée 3 jours
- Tâche B : durée 6 jours
- Tâche C : durée 4 jours
- Tâche D : durée 7 jours
- Tâche E : durée 5 jours

Liens entre les opérations :

- B et D après A ;
- C après B ;
- E après D

Le diagramme de Gantt se présente sous la forme d'un tableau quadrillé où chaque colonne correspond à une unité de temps et chaque ligne à une opération à réaliser.

On définit une barre horizontale pour chaque tâche ; la longueur de celle-ci correspond à la durée de la tâche. La situation de la barre sur le graphique est fonction des liens entre les différentes tâches.



**Exemple 2 : Rénovation du réseau d’assainissement**

Désignation des travaux	Délai	Délai Total
Fouilles en tranchées en terrain ordinaire	<b>5 jours</b>	<b>Un (01) MOIS (30 jours)</b>
Remblais de fouilles	<b>2 jours</b>	
F/P d’un lit de sable de 10 cm d’épaisseur	<b>3 jours</b>	
F/P de buse CAO 2.50m classe 135 A y compris toutes sujétions de pose et de raccordement diam 400 / diam 300	<b>6 jours</b>	
Construction de regard en béton armé (1.50x1.50m) ex hauteur variable double nappe en fer diam 10 mm ep 15 cm y compris tampon en fonte dia 600 mm et cadre (850x580mm) et toutes sujétions	<b>10jours</b>	
Raccordement nouveau réseau en CAO sur réseau existant	<b>4 jours</b>	

**Exemple 3 : Rénovation du réseau d’assainissement et réalisation du bassin décantation**

Désignation des Travaux	Délai en jours	Délai Total
Démolition et remise en l’état du corps de la chaussée avec béton bitumineux y compris couche de grave compactage concassé 0/25mm arrosage et compactage	<b>2</b>	

Fouilles en tranchés en terrain ordinaire	<b>8</b>	<b>Deux mois et deux jours (2 mois et 2 jrs) 62 jours</b>
Remblais des fouilles	<b>3</b>	
F/P d'un lit de sable de 10 cm d'épaisseur	<b>2</b>	
F/P de buse CAO 2.50m classe 135 y compris toutes sujétions de pose et de raccordement	<b>5</b>	
F/P tube annelé à joint 6ml y compris toutes sujétions de pose et de raccordement diam 300mm	<b>5</b>	
Construction de regard en béton armé 1.30x1.30 EX hauteur variable double nappe en fer diam 10 mm ep 5 m tampon en fonte diam 600 et cadre 850x850 mm et toutes sujétions	<b>15</b>	
Raccordement nouveau réseau en CAO sur réseau existant diam 400 mm	<b>2 jours</b>	
Réalisation d'un bassin décantation selon plan fourni par le M-O dim (12mx3.50mx3.40m)	<b>20 jours</b>	

**Exemple 4 : Rénovation du réseau principal d'assainissement**

Désignation des travaux	Délai	Délai Total
Démolition et remise en l'état du corps de la chaussée avec béton bitumineux y compris couche de 30 cm d'ep/m2 de grave compactage concassé 0/25mm arrosage et compactage	<b>2</b>	<b>Deux mois et DEUX JOURS  (02) MOIS Et 2 jours  (62 jours)</b>
Fouilles en tranchées en terrain ordinaire	<b>10</b>	
Remblais de fouilles	<b>5</b>	
F/P d'un lit de sable de 10 cm d'épaisseur	<b>3</b>	
F/P de buse CAO 2.50m classe 135 a 600 mm y compris toutes sujétions de pose et de raccordement	<b>20</b>	
Construction de regard en béton armé 1.50mx1.50m ext hauteur variable double nappe en fonte diam 600 et cadre 850x850 mm et toutes sujétions y compris toutes sujétions	<b>20</b>	
Raccordement nouveau réseau en CAO sur réseau existant	<b>2</b>	

## **CHAPITRE 5**

### **POSE DE CANALISATIONS**

## 1. INTRODUCTION :

Lors d'une conception, renouvellement et pose des canalisations, on s'attachera à utiliser des matériaux adéquats en apportant un soin particulier au choix des conduites.

La nature du revêtement interne et externe choisi, en particulier et de sa conformité sanitaire interne à la qualité des eaux et de compatibilité avec les caractéristiques de l'eau, sa résistance aux agents externes liés aux problèmes de corrosions du sol. Il doit répondre aux critères suivants pour qu'il puisse préserver la qualité de l'eau véhiculée :

- ✓ étanche à l'eau ;
- ✓ faible rugosité ;
- ✓ faible porosité ;
- ✓ forte compacité ;
- ✓ résistant à l'abrasion ;
- ✓ aux types du sol et de sa consistance ;
- ✓ Nature du milieu traversé (saturé ou sec).

Il faudra vérifier si l'eau véhiculée n'est pas agressive aux conduites, pièces spéciales (tel que le Té, coude..., joints et autres équipements).

L'opérateur peut orienter le choix du matériau vers un choix technique et économique et de la disponibilité sur marché national.

## 2. CHOIX DES CANALISATIONS EN FONCTION DU LIQUIDE TRANSPORTE

L'eau est l'élément véhiculée dans les réseaux présentent des caractéristiques physicochimiques très différentes. Deux principaux types d'eaux sont à prendre en compte :

- Les eaux corrosives pouvant attaquer le métal non revêtu ;
- Les eaux agressives envers les matériaux à base de ciment.

### 2.1. Choix des canalisations en fonction du type de sol

Un revêtement extérieur a pour fonction d'assurer une protection durable contre la corrosivité des sols.

Afin de pouvoir déterminer le tuyau adapté à un type de sol défini, une étude préalable sur la corrosivité/ agressivité du terrain est conseillée.

On peut distinguer en première analyse les terrains suivants :

- 1- A faible risque : sables et graviers, matériaux d'empierrements et les calcaires.
- 2- A risque élevé : marnes et argiles.
- 3- A risque très élevé : gypse, pyrite et combustible.

### ❖ Pose des conduites

Dans la plupart des agglomérations, les conduites sont posées en terre, sous trottoir afin d'éviter les trépidations dues à la circulation des véhicules. Quand la voie n'est pas importante, une conduite unique dessert les abonnés situées de chaque côté, les branchements des immeubles présentent donc des longueurs nettement différents. Dans le cas d'une rue importante, une

canalisation est posée sous chaque trottoir et les branchements sont relativement courts est ne traverse pas la chaussée.

La pose des canalisations d'assainissement s'opère de l'aval en direction de l'amont (c'est le contraire quand il s'agit de conduites de distribution d'eau potable). L'emboîtement est dirigé vers l'amont. Les tuyaux sont posés sans brutalité sur le fond des tranchées et ne doivent pas être roulés sur des pierres ou sur un sol rocheux. On doit utiliser des chemins de roulement en bois.

A chaque arrêt du travail, les extrémités des tuyaux non visibles en cours de pose sont provisoirement obturées pour éviter l'introduction des corps étrangers.

Les tuyaux posés dans la tranchée sont dans le prolongement rectiligne les uns des autres ; on facilite leur alignement au moyen de cales provisoires en bois.

En vue de pose correcte en terre des canalisations d'eau en fonction de la présence éventuelle de canalisation d'autre nature peuvent être rencontrée dans le sous-sol d'une agglomération, il est prudent de respecter les distances minimales ci- après en génératrice les plus rapprochées des deux natures de conduites :

Entre conduite d'eau et conduite de gaz 0.5 m. Entre conduite d'eau et câble électrique 0.2 m. Par ailleurs, la distance entre la génératrice la plus rapprochée et l'axe d'une plantation d'alignement sera de 1.50 m au minimum.

Les tracés comportant un profil horizontal seront évités, on substituera à celui- ci un profil comportant des montées lentes (pente 0.002 – 0.003) et des descentes rapides (0.004 – 0.006).

## **2.2. Cas particulier de pose en terre**

Lorsque la conduite travers des terrains marécageux, tourbeux, il faut prévoir des travaux confortatifs en conséquence pour éviter tout mouvement ultérieurs des tuyaux suivant les circonstances, on peut prévoir sous le tuyau une semelle continue en béton armé enserrant la conduite sous un angle de 90°.

De même les tuyaux reposent sur des tasseaux en béton dans lesquels des pieux seront noyés, pieux en chêne, battus au préalable jusqu'au bon sol.

## **2.3. Pose de conduite en fonte ductile ou acier au voisinage des points sensibles**

Au voisinage des points sensibles énumérés ci- après :

- Vingt mètre de part et d'autre de croisement d'une nouvelle conduite en fonte ductile ou acier avec une canalisation protégée cathodiquement ou ligne de chemin de Fer.
- L'aplomb de croisement de lignes aériennes à haute tension.

## **2.4. Pose des canalisations en élévation**

Quand les tuyaux sont placés dans une galerie ou en caniveau d'ouvrage d'art ou en élévation, ils reposent sur des tasseaux ; ils sont en outre, s'il y a lieu, retenus par des colliers, des berceaux ou des consoles.

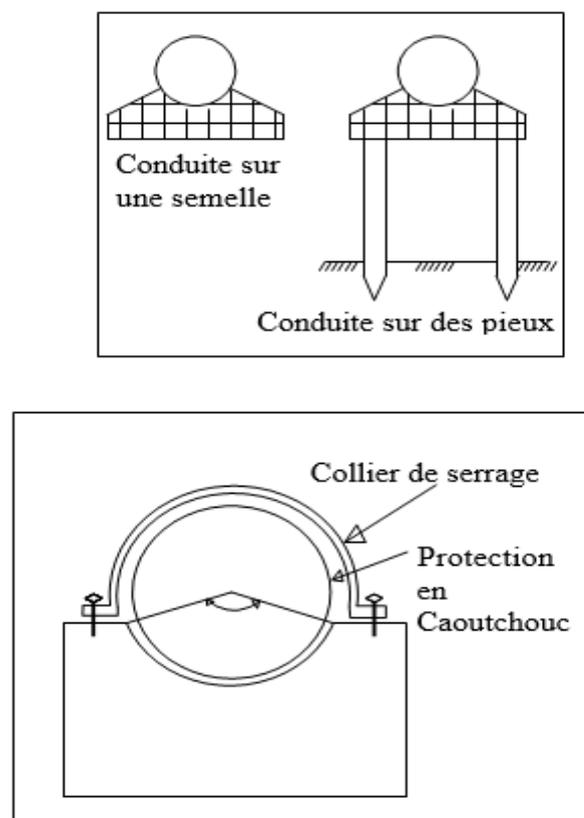
Les pièces mécaniques reçoivent un revêtement protecteur avant la pose dont elles assurent le maintien. Dans les lieux humides, la protection est assurée par un revêtement épais

à base de goudron ou de bitume. Et dans les autres locaux, par l'application de trois couches de peintures anti rouille.

Dans le cas des canalisations exposées aux intempéries, il convient de procéder au calorifugeage des conduites ; le matériau employé à cet effet doit offrir toute les qualités d'imputrescibilité, d'isolation et de résistance.

Lors de la pose des canalisations en aériennes, les éléments suivants doivent être prévus :

- ✓ Un support pour tuyau.
- ✓ Un berceau d'appuis ( $\theta = 120^\circ$ ).
- ✓ Un collier de fixation d'une protection en élastomère.



**Figure 17** : Mesures de protections des conduites

### 3. TERRASSEMENT POUR CANALISATIONS

Le fond de la tranchée est purgé des pierres qui pourraient s'y trouver ; il est convenablement dressé. La profondeur de cette tranchée est déterminée de façon qu'une distance suffisante soit ménagée au-dessus de la génératrice supérieure du tuyau pour éviter les dégâts qui pourraient être causés par le gel. Cette distance varie de 0.6 à 1.2 m selon que les régions. Le fond de fouille est ensuite recouvert d'un lit de pose de 0.15 m à 0.2 m d'épaisseur bien pilonné et bien nivelé suivant les côtes du profil en long.

Ce lit de pose est constitué :

- ✓ Par gravier, dans les terres ordinaires ;
- ✓ Par de la pierre cassé à l'anneau de 5 cm pour former drains dans des terrains imperméables ou rocheux.
- ✓ Par un lit de béton maigre dans les parties rocheuses très en pente

#### ❖ Cas des conditions atmosphériques

Quand se on trouve en présence d'un terrain sensible à l'eau, (marnes, schiste, argiles...), la finition d'un fond de fouille doit intervenir peu de temps avant l'exécution des soutènements ou des fondations. Il faut couler, au moins, le béton de propreté dans les heures qui suivent la découverte du terrain, sous peine de voir les sols se détremper sous l'action de la pluie, éventuellement gonflée, se soulever dans certains cas.

#### 4. REMBLAIS POUR CANALISATIONS

a) L'enrobage des tuyaux circulaires ou ovoïdes jusqu'à la hauteur du diamètre horizontale et jusqu'au rien pour les tuyaux ovoïde ; l'assise et l'enrobage conditionne la bonne tenue de la canalisation ; le matériau utilisé est poussé et damé à la main sous les flancs de la canalisation.

b) Ensuite, on poursuit le remblaiement et le damage, par couches successives, systématiquement et uniformément jusqu'à une hauteur de 0.10 m au-dessus de la génératrice supérieure de l'assemblage de façon à parfaire l'enrobage. La qualité du matériau employé à la constitution du lit de pose et du calage.

c) A partir du 0.10 m de hauteur, le remblaiement poursuivi à l'aide d'engins mécaniques avec la terre des déblais purgée des éléments, pierres supérieures à 30 mn ; l'ensemble est légèrement damé. Cela est acceptable dans la situation ou la tranchée est ouverte dans un terrain de culture.

Au droit ou au long des canalisations rencontrées, le remblaiement fait l'objet de soin spéciaux pour éviter toute rupture ou toute dommage éventuel à ces canalisations. On peut ajouter que, chaque fois que les sols et les matériaux de remblais s'y prêtent, le remblaiement hydraulique est intéressant et permet de rendre cette opération plus efficace.

#### ❖ Problèmes de tassement des remblais

L'établissement des remblais dans les fouilles permet de réduire les coefficients de tassement. Une longue pratique des travaux permet de fixer les coefficients de tassement sous l'effet des surcharges comme suit :

- Sable et gravier 10 % approximativement de tassement ;
- Déblais secs, sable et gravier : 8 % approximativement de tassement.

Devant cette situation, le chargé de la réalisation doit assurer convenablement l'entretien des tranchées.

#### 5. MANUTENTIONS DES CANALISATIONS

- 1- Inventorier les moyens de manutention mécanique adaptés à la configuration du chantier.
- 2- Prévoir l'organisation de la manutention sur le site ou sur le chantier depuis la livraison jusqu'à la mise en œuvre.

3- Déterminer et respecter les cheminements horizontaux et verticaux en fonction de la configuration du chantier, des charges à déplacer ; tenir compte de la circulation des véhicules et engins, de la présence de machines, des zones de survol des appareils de levage... Ces cheminements doivent en outre être reconnus à l'avance, balisés et maintenus débarrassés des obstacles ou matériaux.

4- Aménager les postes de travail, de stockage et les circulations en vue de faciliter les tâches de manutention et de diminuer la pénibilité.

## **6. ASSEMBLAGE DES CONDUITES EN BETON**

Pour le cas de ces conduites en béton ou béton armé, l'assemblage est assuré par les joints de types plastiques, à bague d'étanchéité en élastomère ou en joint au mortier ciment.

Remarques importantes concernant les joints des conduites

Les fabricants construisent les tuyaux en tronçon qu'il faut joindre bout à bout pour obtenir les conduites d'assainissement et les réseaux de distributions. Il existe quatre principaux types de joints :

Joints à brides- les joints à emboitements- les joints mécaniques et les joints à billes.

### **6.1. Essais d'étanchéité et réception des travaux**

Sont concernés les tuyaux préfabriqués aussi bien que ceux construits en place.

Ces essais sont exécutés sur des conduites prélevés au hasard (cas des conduites d'assainissement), à raison de cinq éléments par mot de 1000 éléments pour l'essai à l'écrasement et de dix éléments par lot de 1000 éléments pour l'essai d'étanchéité.

### **6.2. Épreuve des canalisations et essais de réseaux**

a) Les essais sont indispensables, en particulier sur les réseaux d'eau usés pour éviter, tant de polluer la nappe que de perturber gravement le fonctionnement de la station de pompage et la station d'épuration en cas de venues d'eaux extérieures.

Les épreuves sont effectuées à l'eau à une pression n'excédant pas la hauteur d'eau correspond au complet remplissage des regards ; la durée des épreuves est 30 min, les tuyaux sont disposés à plat et la pression d'essai est de 0.5 bar pour le cas des conduites ovoïdes et de

1 bar pour les autres tuyaux. Il ne doit se produire sur les tuyaux, ni aucune fuite aux joints, aux regards, les épreuves peuvent être également effectuées à la fumée, c'est le cas de canalisation de grand section.

Les sections à éprouver doivent représenter une longueur cumulée égale à 1/10 de la longueur totale de réseau.

Il existe actuellement des moyens de télévision qui permettent d'inspecter des canalisations après pose d'un détecteur immédiatement les défauts.

b) avant la réception, il est procédé à un essai général du réseau qui porte sur les conduites d'écoulement, et sur le fonctionnement d'appareillage.

c) toutes les épreuves et essais font l'objet d'un procès-verbal contradictoirement entre le maître d'œuvre et l'entrepreneur.

### 6.3. Epreuve sur les canalisations en béton :

Ces essais sont exécutés sur les conduites prélevées aux hasards à raison de 5 % de chaque type avec minimum de trois éléments, permis ces essais nous citron :

### 6.4. Essai à l'écrasement

L'épreuve de l'écrasement se fait par presse automatique avec enregistrement des efforts. Ils doivent être répartis uniformément sur la génération supérieure du tuyau. La mise en charge est effectuée jusqu'à rupture par écrasement avec une vitesse de 100 Dan/m de longueur et par minute. Elle peut être directement comparée à la pression exercée par le remblai et les surcharges réelles.

## 7. ESSAI D'ETANCHEITE

L'essai d'étanchéité est obligatoire à l'usine et au chantier.

A/ à l'usine : la conduite maintenue debout (béton) remplie d'eau, la diminution du niveau d'eau ne doit pas dépasser 2 cm en 24 heures.

B/ au chantier : l'essai à l'eau pour les faibles diamètres pendant 30 min, ainsi que les joints, la pression augmentée jusqu'à 3 bars.

- ✓ essai à la fumée : en cas d'absence de vent et conduites non humide
- ✓ essai à l'air sous pression : variation de pression inférieure à 0,5 bars.

### 7.1. Essai de corrosion

Les conduites en bétons ou en bétons armé sont les plus largement utilisées et les plus gravement corrodées par l'hydrogène sulfuré. La corrosion du béton commence par la baisse du PH superficiel suite au lessivage de la chaux en excès et à la carbonatation de la surface par le gaz carbonique.

Ce phénomène permet de développement de bactérie qui amorcent la formation d'acide sulfurique ce qui entraîne une baisse de PH superficiel du béton celle-ci permet le développement rapide de bactéries acidophiles et s'accompagne de la progression du processus de corrosion vers l'intérieur du béton.

La corrosion du béton a lieu excessivement dans les parties immergées du tuyau mais ne s'effectue pas d'une façon uniforme. Cette corrosion du béton (inégalement) est due au courant d'air dominant dans la canalisation, par lequel l'apport d'hydrogène sulfuré gazeux vers les parois ne s'effectue pas uniformément.

Dans une canalisation d'eau usée, il existe normalement outre un courant d'air dirigé vers l'aval, ne circulation d'air transversale due aux différences de température. La paroi du tuyau est généralement plus froide que l'eau ce qui entraîne u refroidissement de l'air légèrement plus chaud subit un mouvement ascensionnel suivant l'axe de la conduite. L'apport du gaz hydrogène sulfuré et donc la production d'acide sulfurique est les plus intenses, à la crête du tuyau. Dans la partie de la paroi alternativement immergée ou non, les produites pâteux de réaction d'action sulfurique et du béton sont régulièrement emportée, et la partie restante du béton est livrée à une nouvelle corrosion par l'acide qui s'égoutte à chaque niveau minimale de l'effluent.

Une corrosion relativement profonde peut donc apparaître dans ces parties du tuyau.

## 8. CONTROLE DE QUALITE

La qualité et sécurité des ouvrages hydrauliques exigent une vérification permanente de la bonne mise en œuvre des matériaux au fur et à mesure de la phase de la conception, l'exécution à la phase d'exploitation. Le contrôle de la qualité du réseau et d'ouvrages annexes à partir des paramètres conventionnels, demeure essentiel.

Le maître d'œuvre est responsable du contrôle d'exécution de l'ensemble des ouvrages à réaliser. A ce titre, il doit s'assurer que l'entreprise a bien prévu les moyens nécessaires au contrôle de la qualité des matériaux et de leur mise en œuvre. A cet effet, le maître d'œuvre devra examiner régulièrement les résultats des contrôles communiqués par l'entreprise.

Sur un chantier, les contrôles portant notamment sur les matériaux, l'exécution des remblais compacts, sur les bétons des ouvrages principaux ou annexe, sur l'assemblage des conduites en matières plastique (soudage bout à bout, l'électrosoudage) ou pour le cas d'assemblages soudés et pour le cas des conduites en béton.

### 8.1. Contrôle des matériaux et travaux de terrassements

Il appartient à l'intervenant de fournir les identifications de matériaux mis en œuvre (sable...). Les bons de livraisons délivrés sur le chantier.

Le contrôle de qualité consiste aussi de vérifier l'état des remblais, des fonds des déblais et des assises de remblai.

Sur chaque sondage et essai de contrôle doit figurer l'endroit exact du prélèvement représentatif de la couche considérée et donc du sol identifié. Les résultats sont jugés selon les normes de conformités.

On doit décrire les conditions de prélèvements notamment dans le cas des sols grossiers ou l'on peut procéder sur place à un écrêtage des gros éléments dont il faut estimer le pourcentage.

On doit donner aussi des indications par exemple sur l'état d'humidité du matériaux et mieux prélever un échantillon pour mesurer de la teneur en eau en place.

### 8.2. Contrôle de la qualité de compactage

Les essais préliminaire ayant permis de déterminer les caractéristiques de compactage, c'est-à-dire le type d'engin à utiliser la vitesse de ces engins et le nombre de passe à effectuer en fonction de l'épaisseur des couches à compacter et de la teneur en eau des matériaux, le contrôle consistera à s'assurer que ces caractéristiques sont bien respectés, il portera essentiellement sur les points suivants :

- 1- Contrôle de l'homogénéité et mesure de la teneur en eau des matériaux prélevés en zone d'emprunt (cas de barrage).
- 2- Contrôle de l'efficacité de la scarification entre couche (cas des barrages).
- 3- Contrôle de la vitesse et du nombre du passage des engins de compactage.

Ces contrôles doivent effectués au moins deux fois par jours.

Le contrôle de la qualité dans la construction des remblais doit être basé sur la vérification, par inspection visuelle ou au laboratoire en tenant compte les aspects suivants :

- a. Les paramètres physico-mécaniques des zones d'emprunts et leur bonne exploitation.
- b. Les étapes de construction et sa qualité pendant la mise en place des sols dans les différentes parties de la digue (écran, noyau, tapis d'étanchéité, clé d'ancrage, recharge, drains et filtres) ou autres ouvrages hydraulique.
- c. L'uniformité de la teneur en eau et les propriétés des sols avant le compactage.
- d. Les épaisseurs des couches compactées.
- e. L'action du compacteur et les engins de transport sur la surface de construction.

À tout moment, on doit s'assurer que le remblai soit relativement homogène en obtenant des propriétés moyennes équivalentes à ceux définies par le projet. Cette évaluation visuelle ou quantitative dépendra fondamentalement de l'expérience du constructeur et doit être vérifiée par un contrôle au laboratoire et un contrôle en œuvre de tous les facteurs qui interviennent dans la réalisation.

Les résultats des inspections visuelles (contrat, cahier de charges, etc.) ainsi que les essais au laboratoire effectués, doivent être soigneusement enregistrés et conservés jusqu'à la fin de la construction et plus tard incorporés au dossier technique de l'ouvrage qui restera sous la charge de l'organisme qui exploiterait l'ouvrage.

Avant d'entamer les travaux du remblai, on recommande d'effectuer une planche d'essai qui consiste à faire, à l'aide des engins qui seront employés pour la construction de l'ouvrage, un remblai modèle du matériau d'emprunt suivant différentes épaisseurs des couches et différentes nombre de passes. À partir de l'échantillonnage, les essais de laboratoire et des résultats, on peut choisir le modèle semblable par rapport aux caractéristiques de base de la conception donnée dans le projet.

La planche d'essais devra définir, entre autres, l'épaisseur de la couche moyenne à employer, le type de compacteur, le nombre de passes ainsi que l'arrosage. Elle peut nous renseigner sur le taux d'humidité en fonction de l'état dans lequel se trouve le matériau d'emprunt, bien qu'il puisse varier en fonction du climat. La planche d'essai peut aussi être utilisée quand il y a des variations dans les paramètres physico-mécaniques des matériaux d'emprunt pendant leurs exploitations, ou dans les cas où il est nécessaire d'exploiter d'autres zones d'emprunts non prévues au début de la construction.

### **8.3. Quelques essais de contrôle**

Les essais de contrôles sont des mesures de densité in- situ avec détermination de la teneur en eau, des essais granulométriques, des mesures ATTERBEG (indice de plasticité, indice de liquidité, indice de consistance et limite de plasticité).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Afitep : Dictionnaire de management de projet. Edition AFNOR, Paris, 2004. André Claude : La gestion financière des chantiers. Edition Le moniteur, Paris, 1996.
2. Bernard Vullerme et Henri Richaud : Chantier de bâtiment, préparation et suivi. Edition, Nathan Technique, Paris 1995.
3. Francis Nicol : Le planning du coordinateur de travaux. Edition EYROLLES, Paris 1978.
4. Jacques Armand et Yves Rafestin : Conduire son chantier. Edition Le moniteur, Paris, 1999.
5. Jean le Bissonnais : Management de Projet de A à Z. Edition AFNOR, Paris, 2003.
6. Jean Louis Muller : Guide du management et du leadership. Edition, RETZ, Paris, 2008.
7. Ladouani Abdelkrim : Planification de la production à la chaîne dans le btp. La revue La Cible, N°10 août 2005. Edition AFITEP France. pp 35-40.
8. Yves Balazard : Préparation d'un chantier de travaux public. Edition - EYROLLES, Paris 1976.