



# Improving Economic and Social Impact of Rural Electrification (IMPROVES-RE)

---



**MODULE DE CARTOGRAPHIE VILLAGEOISE**  
**POUR REALISER LES ANALYSES DE LA DEMANDE ET LE**  
**DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX ELECTRIQUES**  
**COMPTE-RENDU DE FORMATION**

**OUAGADOUGOU, BURKINA FASO**  
**6 – 9 FEVRIER 2007**

Projet cofinancé par le Programme COOPENER de la Commission Européenne

**Activité co-financée par l'ADEME**

**ADEME**



Coordination européenne  
Innovation Energie Développement (IED)  
2, chemin de la chaudière  
69340 Francheville – France  
Tél. +33 4 72 59 13 20, Fax : +33 4 72 59 13 39  
[ied@ied-sa.fr](mailto:ied@ied-sa.fr) - [www.ied-sa.fr](http://www.ied-sa.fr)



# TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA FORMATION</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>PLAN ET CALENDRIER DE LA FORMATION</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>MODULE DE CARTOGRAPHIE VILLAGEOISE</b>	<b>4</b>
3.1	Formation théorique	4
3.2	Manipulation in situ (localité de Nobéré)	5
3.3	Calculs électriques de réseau – théorie	6
3.4	Calculs électriques de réseau – Cas de Nobéré	7
	<b>ANNEXE 1 : LISTE DES PARTICIPANTS</b>	<b>8</b>
	<b>ANNEXE 2 : PRESENTATION POWER POINT</b>	<b>9</b>
	<b>ANNEXE 3 : RAPPELS D'ELECTROTECHNIQUE</b>	<b>62</b>

## 1 Contexte et Objectifs de la formation

La présente formation s'inscrit dans le cadre de la convention de co-financement partiel par l'ADEME des activités du projet IMPROVES-RE<sup>1</sup> au Burkina Faso.

Ce module de cartographie villageoise, Activité n°2 de la convention, visait à consolider les acquis des actions de renforcement des capacités dans les domaines de la réalisation des études de faisabilité de projets d'électrification villageoise, et plus précisément en termes de localisation de la demande et de dimensionnement de réseau.

La prise en compte des aspects de cartographie villageoise nécessite des relevés de terrain. Pour en réduire le coût, il convient de standardiser la démarche d'étude et de relevés en s'appuyant soit sur les facilités offertes par les GPS soit sur les photographies aériennes ou satellites lorsque celles-ci sont disponibles.

Ce module de formation, ouvert aux bureaux d'études et consultants nationaux, visait à les doter d'une méthode et d'une pratique opérationnelle pour réaliser des études de faisabilité de l'électrification de localités. Il porte sur :

- Le fonctionnement « théorique » du GPS
- La manipulation in situ (avec relevé)
- Le transfert de données sur ordinateur et leur représentation graphique
- La localisation des charges caractéristiques et le traçage des réseaux sur fonds de plan (variante à partir de photographies aériennes)
- La réalisation des calculs électriques de réseau

Conduite par le bureau d'études Innovation Energie Développement (IED), la formation s'est déroulée du 6 au 9 février 2007 à Ouagadougou, Burkina Faso, dans les locaux du Fonds de Développement de l'Electrification (FDE).

La manipulation du GPS in situ a eu lieu dans la localité de Nobere, située à 100 km au sud de Ouagadougou.

16 personnes ont suivi cette formation. (*liste des participants en annexe 1*).

---

<sup>1</sup> *IMPROVES-RE: Improving the economic and social impact of rural electrification. Projet mis en place au Burkina Faso, au Cameroun, au Mali et au Niger dans le cadre du programme COOPENER de la Commission Européenne sur la période 2005-2007 et destiné à améliorer les approches de planification de l'électrification en vue d'un meilleur impact sur le développement local.*

## **2 Plan et calendrier de la formation**

La formation avait été pensée de façon à ce que les participants puissent mettre en application les enseignements théoriques du module, en traitant le cas concret d'une localité non électrifiée, leur permettant ainsi de se familiariser avec l'outil GPS et de manipuler le modèle de dimensionnement de réseau introduit.

Le calendrier de la formation était le suivant :

### **Mardi 6**

- I. Besoins topographiques de l'électrification rurale
- II. Importance de l'étude socioéconomique
- III. Fonctionnement « théorique du GPS »
- IV. Transfert des données sur ordinateur et représentation graphique
- V. Éléments d'analyse de la demande

### **Mercredi 7**

- VI. Manipulation in situ (localité de Nobéré)

### **Jeudi 8**

- VII. Calculs électriques de réseau – théorie

### **Vendredi 9**

- VIII. Calculs électriques de réseau – Cas de Nobéré

### 3 Module de cartographie villageoise

#### 3.1 Formation théorique

Cette première journée de formation consistait à aborder les éléments suivants :

➤ Besoins topographiques de l'électrification rurale

- niveaux de besoins topographiques (fond de plan général du village, localisation de la demande des infrastructures et activités, localisation de l'habitat)
- supports techniques : photos satellites, aériennes, GPS
- utilité de la cartographie pour tracer et dimensionner un réseau

➤ Importance de l'étude socioéconomique

- collecte des données d'ordre socioéconomique
- collecte des données d'ordre physique
- approche terrain et fiches d'enquête
- intérêt des cartes numériques par rapport aux cartes traditionnelles

➤ Fonctionnement « théorique du GPS »

- principe de fonctionnement
- présentation des 5 « pages » principales du GPS
- initialisation du GPS
- paramétrage
- enregistrement de coordonnées
- méthode de relevé sur le terrain

➤ Transfert des données sur ordinateur et représentation graphique

→ 3 méthodes de transfert présentées :

- transfert sous MapSource (Logiciel de cartographie)
- transfert sous Manifold (Système d'Information Géographique)
- transfert sous AutoCad (Logiciel de dessin assisté par ordinateur)

➤ Éléments d'analyse de la demande

- rappel des éléments qui doivent découler de l'enquête socioéconomique afin de pouvoir réaliser l'analyse de la demande
- retour sur le modèle d'analyse de la demande Rentelec créé par le réseau d'expertise ERD<sup>2</sup> et utilisé par plusieurs bureaux d'études.

Le support de cette formation théorique est présenté en Annexe 1.

---

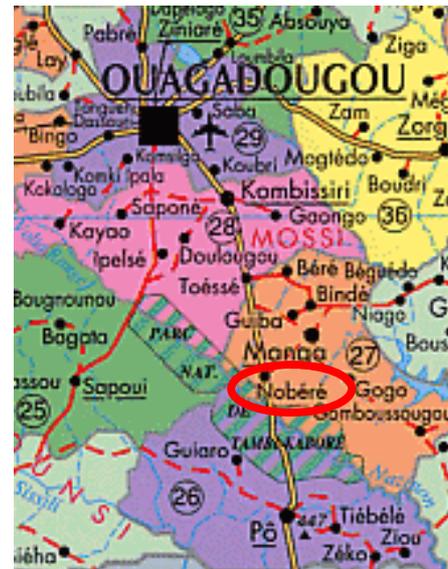
<sup>2</sup> Mis en place en Avril 2003, ce réseau ERD (Electrification Rurale Décentralisée), avait pour objectif d'assurer une fonction de mémoire institutionnelle ERD dans l'intérim à la mise en place des structures burkinabè qui devraient assurer cette tâche.

### 3.2 Manipulation in situ (localité de Nobéré)

Après une première journée de formation théorique, une journée a été consacrée à la manipulation de l’outil GPS sur le terrain.

En accord avec la DGE, cette activité fut organisée dans la localité de Nobéré, située à 100 km au sud de Ouagadougou et comprise dans la zone pilote du projet IMPROVES-RE.

L’objectif était que chaque participant puisse maîtriser les méthodes de relevé de coordonnées géographiques en vue d’établir une cartographie de la demande en électricité de la localité et donc de pouvoir traiter un cas concret de dimensionnement de réseau au cours de la formation.



#### Nobéré

- N11 33.379 W1 12.034
- 5600 habitants
- non électrifiée
- 3 écoles primaires
- 1 collège (CEG)
- 1 centre de santé (CSPS)
- 1 campement touristique
- 10-15 moulins

Nom	Position
Moulin4-6kW	N11 33.332 W1 12.071
Moulin3-5kW	N11 33.317 W1 12.012
Moulin2-5kW	N11 33.330 W1 12.027
Moulin1-5kW	N11 33.340 W1 12.030
Maternité5kW	N11 32.926 W1 11.850
Mairie-1kW	N11 34.173 W1 12.661
Mécanicien3-0,5kW	N11 33.382 W1 12.106
Mécanicien2-1kW	N11 33.370 W1 12.104
Mécanicien1-1kW	N11 33.302 W1 12.091
Kiosque1	N11 33.356 W1 12.101
Group.cent.nut.4.8kW	N11 33.210 W1 12.226
Forgeron3	N11 33.358 W1 12.046
Forgeron2	N11 33.362 W1 12.045
Forgeron1-3kW	N11 33.360 W1 12.049
FASOYAR	N11 33.379 W1 12.034
Dispensaire3kW	N11 32.981 W1 11.858

Localisation des points de consommation



Localisation et estimation de la consommation auprès des commerçants

### 3.3 Calculs électriques de réseau – théorie

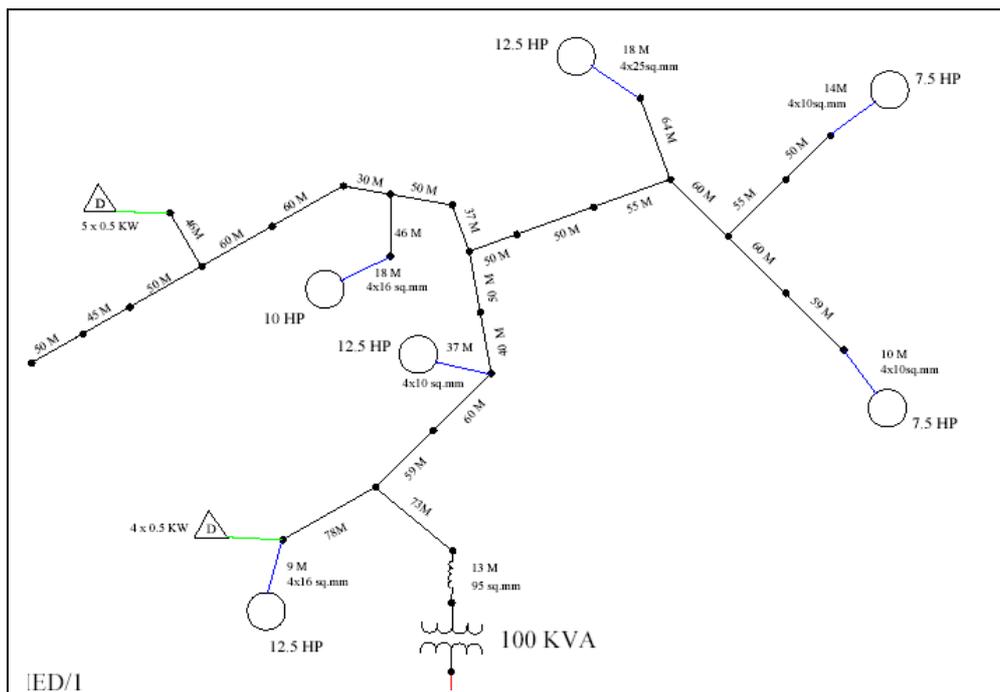
➤ Rappels d'électrotechnique (voir Annexe 3)

- Nœud et dipôle
- Réseau radial, réseau maillé
- Niveaux de tension
- Puissance active et réactive
- Configuration de la distribution BT
- Chutes de tension et pertes

➤ Présentation du modèle créé par IED permettant de dimensionner les différents dipôles (jusqu'à 15 dipôles) d'un réseau électrique.

Dipôles	1	2	3
section	70	35	70
type de conducteur	ABC	ABC	ABC
charge active localisée		11.20	9.20
charge réactive localisée		6.90	6.90
charge active répartie		0.80	1.20
charge réactive répartie		0.40	0.60
longueur du dipôle	0.09	0.08	0.12
nombre de phases	3	3	3
nombre de conducteurs	4	4	4
triangle ?	non	non	non
tension nominale P/N	230	230	230
démarrage de moteur ?			1
puissance du moteur		9.2	9.2
facteur de démarrage		7.0	7.0
cosphi moteur	0.8	0.8	0.8

➤ Etude de cas : dimensionnement du réseau électrique d'une localité



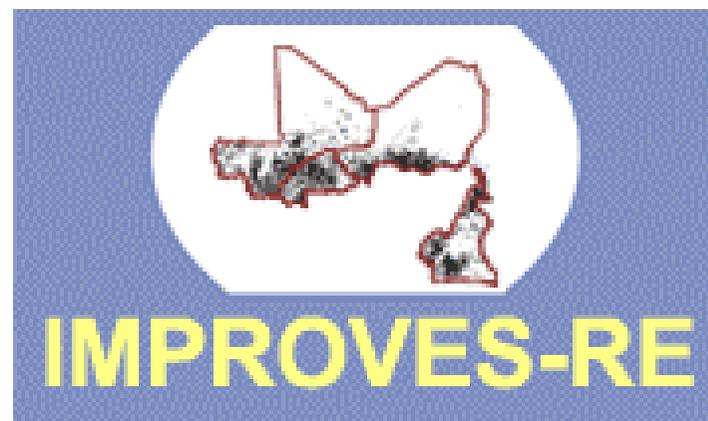


## ANNEXE 1 : Liste des participants

	<b>Nom</b>	<b>Prénom</b>	<b>Structure</b>
1	Ouattara	Moussa	DGE/MCE
2	Badolo	Blaise	DGE/MCE
3	Tall	Saliou	FDE
4	Convolbo	Eric	FDE
5	Ki	Mostatapha	SONABEL
6	Yaméogo	Guy-Marie	SONABEL
7	Bougma	Sidiki	GGY-CONSULT
8	Diao	Amadou	GGY-CONSULT
9	Kabore	Patrick	GGY-CONSULT
10	Ouédraogo	G.Jacques	BBEA
11	Tapsoba	François	CICOST
12	Kone	Dan Lassina	BEGE
13	Traore/Nayaga	S.Evelyne	EDENE
14	Nabalma	Ousseynou	EDENE
15	Nikiema/Nidjergou	Noémie	PRS
16	Yanogo	P.Isidore	BERCODE

## **ANNEXE 2 : Présentation Power Point**

# Module de cartographie villageoise pour réaliser les analyses de la demande et le dimensionnement des réseaux

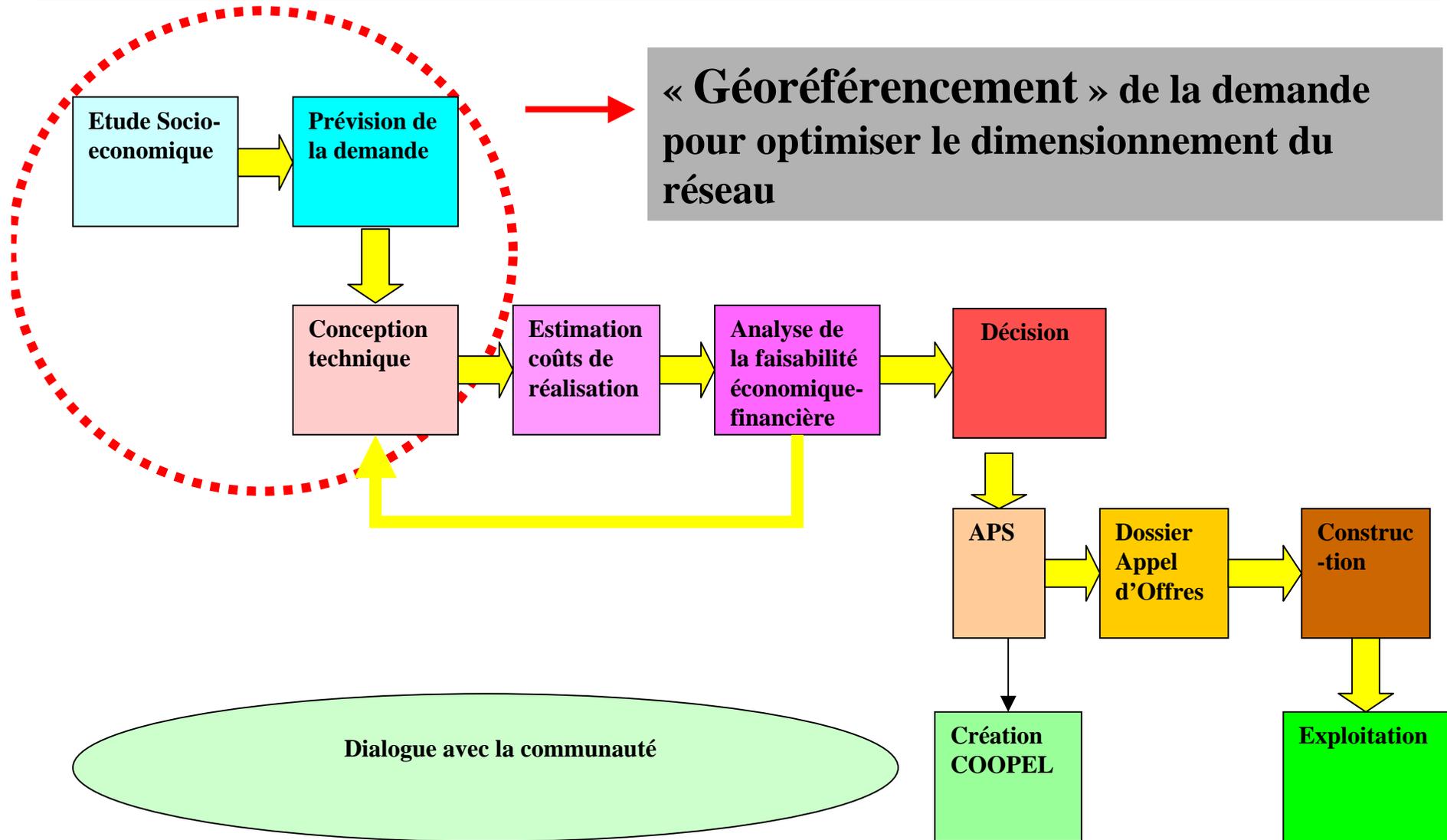


**Ouagadougou, 6 – 9 février 2007**

# Objectifs de la formation

- Standardiser la démarche d'étude et de relevés pour établir la « Géographie de la demande » lors d'une étude de faisabilité pour l'électrification de localités rurales
- Familiarisation avec la cartographie villageoise
- Réalisation des calculs électriques de réseau

# Phases d'une ERD concernées



# Plan et calendrier

## Mardi 6

- I. Besoins topographiques de l'électrification rurale
- II. Importance de l'étude socioéconomique
- III. Fonctionnement « théorique du GPS »
- IV. Transfert des données sur ordinateur et représentation graphique
- V. Éléments d'analyse de la demande

## Mercredi 7

- VI. Manipulation in situ

## Jeudi 8 & Vendredi 9

- VII. Calculs électriques de réseau

# I. Besoins topographiques de l'électrification rurale

## Besoins topographiques de l'électrification rurale différents des besoins pour l'électrification urbaine

**Électrification urbaine** - Il n'existe généralement pas de systématisation de la localisation géographique des clients potentiels; la société d'électricité dispose des plans de lotissement pour tracer ses réseaux.

**Électrification rurale**- 3 niveaux de besoins topographiques:

1/ fond de plan général du village

2/ localisation de la demande des infrastructures et activités

3/ localisation de l'habitat

# Besoins topographiques de l'électrification rurale 2/5

## 1/ Fond de plan général du village

- Voies de communication, ponts, cours d'eau, obstacles naturels, zones de culture, quartiers, îlots d'habitations

**Pour un 1<sup>er</sup> cadrage** (limites administratives, cours d'eau, grandes voies de circulation...)

→ se renseigner auprès de l'IGB (couverture 1/ 50.000 du Burkina très avancée). Si disponibles, les prises de vue au 1/30.000 à 1/15.000 sont encore plus faciles à exploiter

→ Rechercher s'il existe déjà un plan du village ( mais fiabilité souvent discutable)

→ Si aucun outil n'existe, l'utilisation du GPS est privilégiée

# Besoins topographiques de l'électrification rurale 3/5

## 2/ Localisation de la demande des infrastructures et activités

- **Infrastructures:** forage, marché, écoles, centre de santé, lieu de culte, bureau d'administration...

- **Activités:** moulins, soudeurs, autres artisans, commerces, services...

Même approche que précédemment (documentation existante et au besoin complément au GPS)

# Besoins topographiques de l'électrification rurale 4/5

## 3/ Localisation de l'habitat

**Situation courante:** les réseaux sont prévus le long des voies.

**Exemple:** un projeteur parcourt les lieux et décide de tirer une ligne BT de 300m, à partir de tel carrefour, sur une voie donnée.

**Approches plus rigoureuses:** 2 approches possibles:

➤ Étude de faisabilité **n'incluant pas** le relevé du bâti  
→ on localise les îlots en précisant le nombre d'habitations

➤ Étude de faisabilité **incluant** le relevé du bâti  
→ on relève la surface et l'orientation de l'ensemble des habitations

### Objectifs:

- préparer un support pré-commercial (cadastre des points de livraison potentiels)
- affiner et optimiser le design des lignes et branchements

## Besoins topographiques de l'électrification rurale 5/5

- **Si habitat dispersé** (quelques dizaines de mètres), utilisation du GPS possible
- **Si habitat compact et enchevêtré**, nécessité de:
  - soit recourir à des procédés topographiques de terrain coûteux
  - soit disposer de photos aériennes (au 1/20.000 par ex.)
  - soit disposer de photos satellite haute précision (type Quick Bird) qui ont la même définition des détails qu'une prise de vue aérienne au 1/10.000.

**Dans tous les cas, privilégier une photo aérienne ou une photo satellite de précision.**

**Si ces options ne sont pas disponibles, le GPS permet d'établir un « bon schéma topographique »**

## Exemple de photo satellite



Coût: environ **\$25/km<sup>2</sup>** - <http://www.maps-geosystems.com/french/index.htm>

## Utilité pour le dimensionnement du réseau

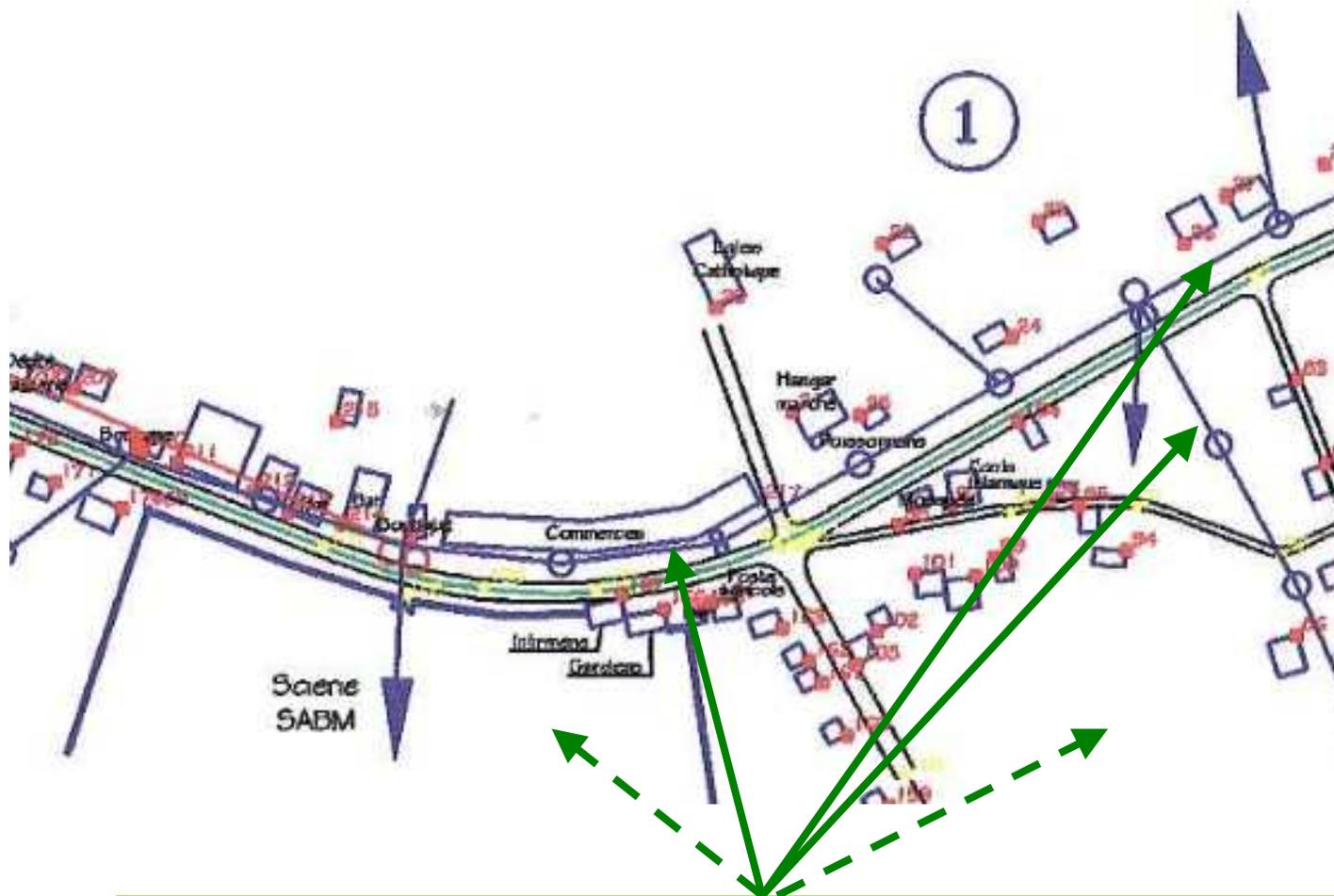
- les équipements doivent être capables de supporter la pointe
- les moyens de production (centrales) et le réseau (lignes, mais aussi postes et transformateurs) demandent des investissements très importants

➔ **Localiser la demande au sein de la localité permet de dimensionner au mieux les différents dipôles du réseau et donc de réduire les investissements**

Coûts des lignes électriques:  
(ordres de grandeur)

<b>70 mm<sup>2</sup></b>	<b>7,3 MFCFA/Km</b>
<b>35 mm<sup>2</sup></b>	<b>6,2 MFCFA/Km</b>
<b>16 mm<sup>2</sup></b>	<b>2,3 MFCFA/Km</b>

# Utilité pour le dimensionnement du réseau



**Estimation de la pointe et de la consommation au niveau des dipôles**

## II. Importance de l'étude socioéconomique

➤ 1ère étape du processus de réalisation d'une électrification rurale décentralisée

➤ L'objectif est d'établir une base fiable:

- pour la prévision de la future demande

- pour la conception technique du futur système d'approvisionnement en électricité.

→ estimation des coûts de réalisation → analyse de la faisabilité économique et financière du projet



**Décision de (ne pas) poursuivre le projet**

# Étude socioéconomique: les différentes étapes

## 1. Préparation de l'étude

- Préparation logistique
- Collecte des informations disponibles

## 2. Information aux autorités avant d'arriver sur le terrain

- données démographiques du recensement
- plans de développement
- cartes existantes

## 3. Collecte de données

Étape traitée ici

## 4. Vérification et Analyse des données collectées

## 5. Rédaction de rapport des résultats de l'étude

# Étude socioéconomique: données nécessaires pour la prévision de la demande et pour la conception technique

## A. Données d'ordre socioéconomique

- Nombre d'abonnés futurs
- Ménages (abonné simple)
- Commerce et production
- Services administratifs étatiques et communaux
- Infrastructures d'enseignement et de santé
- Autres consommateurs (loisir, mosquée, église, ONG, forage, etc.)

# Étude socioéconomique: données nécessaires pour la prévision de la demande et pour la conception technique

## B. Données d'ordre physique

- Délimitation de la zone à électrifier
- Préciser les relations spatiales entre densité du peuplement et emplacement géographique des différents types de consommateur (*l'usage des SIG permet d'établir ces relations spatiales entre les données d'ordre socioéconomique et les données physiques*)

# Étude socioéconomique: collecte de données

## → *Composition (idéale) de l'équipe:*

- sociologue et enquêteurs
- ingénieur responsable de la conception technique
- responsable des mesures GPS
- économiste responsable des calculs financiers et économiques

## → *Délimitation de la zone à électrifier:*

- délimitation d'une zone susceptible d'être électrifiée: base de la collecte des données.
- dans les cas où il n'est pas possible de faire un comptage de la totalité des ménages, un nombre approximatif peut être arrêté et des estimations de valeurs en terme de pourcentage de type de consommation future peuvent être assignées.

# Étude socioéconomique: Méthodologie

Pour noter les informations sur le terrain, deux fiches ont été élaborées par le « Réseau ERD » : « Fiche SIG d'Enquête Socioéconomique : Points » et « Fiche SIG d'Enquête Socioéconomique : Polygones »

**Approche traditionnelle:** la sortie sur le terrain permettra de tracer les polygones (définies comme des espaces ayant la même densité d'habitat), estimer ou compter le nombre de ménages, et fixer les points (définis comme des consommateurs spécifiques (commerce, administration, etc.)).

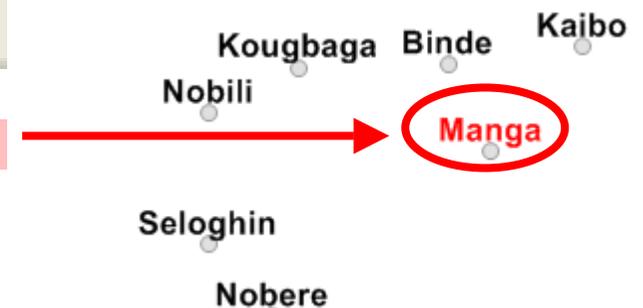
**Autre approche:** les ménages peuvent également être fixés comme des points (le nombre relativement réduit de ménages dans les centres du Burkina Faso actuellement ciblés par une électrification rurale - 200-300 - permet une fixation de tous les points en 1-2 jours de travail sur le terrain).

## Étude socioéconomique: Carte numérique/Carte traditionnelle

Dans une carte numérique, des informations

- peuvent être assignées aux éléments spécifiques de la carte (population, statut administratif, école, etc.).

NAME_OK	TOT_POP	STATELEC	UA	POPULATION
Zagable (Z...	1733	0	0	1733
Manga	17630	1	1	17630
Badnogo	497	0	0	497



- peuvent être l'objet de calculs et d'analyses

→ Utilisation des «**S**ystèmes d'**I**nformations **G**éographique », type MapInfo ou Manifold

# Étude socioéconomique: Catégories de données

Catégorie de Donnée	Méthodologie		Observations
	Enquête Trad.	SIG	
<b>Ménages</b>	Comptage ou estimation du nombre Confection d'un plan qui montre la densité selon les quartiers	1. Création de polygones avec le GPS, estimation du nombre de ménages ou 2. Fixer les ménages comme points avec le GPS	On distingue normalement entre consommateurs 1 et 3 Ampère. Sur le terrain, cette distinction peut se traduire en maison en banco et maison en dur. Si le GPS est utilisé, on peut faire la collecte simultanément avec 2 GPS, un « 1 amp » et l'autre « 3 amp ».
<b>Commerce et Production</b>	Fixer la position de chaque futur consommateur avec un numéro d'identité sur un plan du centre Noter les caractéristiques et les estimations de consommation future	Fixer un point avec le GPS  Noter les caractéristiques et les estimations de consommation future	Les informations collectées sont identiques, mais le SIG permet plus de précision dans la location physique et surtout une rapidité dans l'établissement des plans
<b>Administration/ Infrastructures publiques</b>	Fixer la position de chaque futur consommateur avec un numéro d'identité sur un plan du centre Noter les caractéristiques et les estimations de consommation future	Fixer un point avec le GPS  Noter les caractéristiques et les estimations de consommation future	Les informations collectées sont identiques, mais le SIG permet plus de précision dans la location physique et surtout une rapidité dans l'établissement des plans
<b>Autres</b>	Fixer la position de chaque futur consommateur avec un numéro d'identité sur un plan du centre Noter les caractéristiques et les estimations de consommation future	Fixer un point avec le GPS  Noter les caractéristiques et les estimations de consommation future	Les informations collectées sont identiques, mais le SIG permet plus de précision dans la location physique et surtout une rapidité dans l'établissement des plans

# Fonctionnement théorique du GPS

- 1/ Présentation de l'outil GPS**
- 2/ Application à la cartographie villageoise**
- 3/ Utilité pour les études d'électrification rurale**
- 4/ Principe de fonctionnement**
- 5/ Approche sur le terrain**
- 6/ Utilisation du GPS**

# Présentation de l'outil GPS 1/2

## ➤ **GPS: Global Positioning System**

⇔ système de positionnement par satellites

➤ **Fonction:** permet de connaître n'importe où sur le globe une position entre une centaine de mètres et quelques centimètres

- **Usages :**
- aviation
  - marine
  - automobile
  - systèmes portatifs pour randonneurs



# Présentation de l'outil GPS 2/2

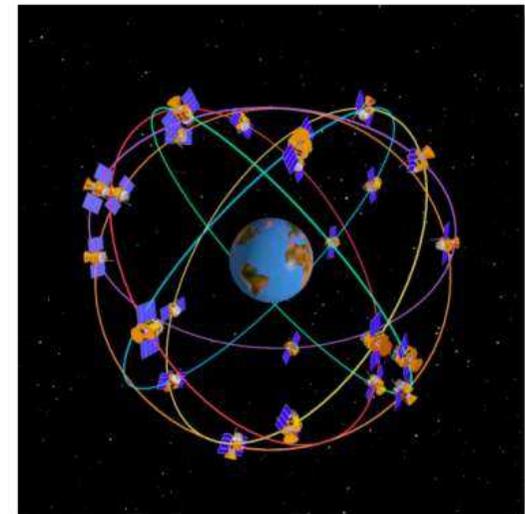
*Le GPS en quelques dates:*

**1968:** le Pentagone imagine un système de localisation géographique composé d'une constellation de satellites en orbite autour de la Terre qui pourrait leur fournir la position d'un point sur la planète en temps réel et 24h sur 24.

**1973:** Le Global Positioning System (GPS) est développé dès 1973 par le département de la Défense des États-Unis pour un usage strictement militaire.

**1978:** Lancement du premier satellite

**1995:** Le système est déclaré opérationnel, comportant alors 28 satellites: 24 satellites « titulaires » et 4 satellites de réserve en cas de disfonctionnement



# Application à la cartographie villageoise

- Il n'existe généralement pas de carte récente et suffisamment détaillée des villages pour les utiliser de façon exclusive
- Les cartes produites à partir de relevés de terrain par GPS reprennent tous les éléments d'orientation des villageois, en ajoutant les dimensions précises, une échelle constante et les positions (coordonnées) de chacun des éléments
- De plus, les cartes produites sont des documents d'une très grande valeur pour tous les autres projets de développement associés au village concerné.

# Utilité pour les études d'électrification rurale

L'utilisation d'un GPS permet de:

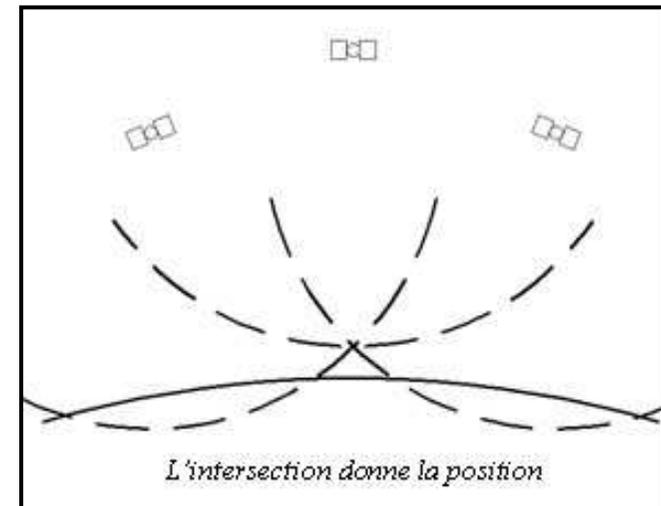
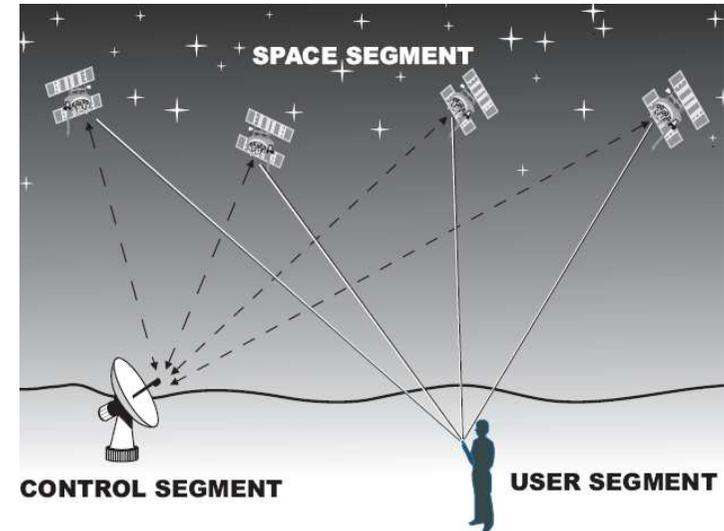
- localiser les points de consommation (domestique, activités...) d'une localité
- tracer le réseau de distribution
- identifier le lieu d'implantation d'une éventuelle centrale de production diesel tenant compte de l'organisation géographique du village

# Principe de fonctionnement

**Pour déterminer une position, le GPS:**

1/ mesure la distance entre l'utilisateur et un certain nombre de satellites de positions connues.

2/ définit des sphères centrées sur ces satellites et dont l'intersection donne la position de l'utilisateur en coordonnées géographiques: LONGITUDE et LATITUDE:



# Utilisation du GPS

**Le GPS contient 5 « pages » principales:**

**Page Satellites:** affiche les informations sur les signaux de satellites que le GPS reçoit

**Page Carte:** fonction principale du GPS, permet de visualiser une position, une route et d'enregistrer des points sur la carte

**Page Calculateur de voyage:** affiche des données relatives au voyage (vitesse, temps de déplacement...)

**Page Compas:** indique la direction de voyage

**Page Menu Principal:** permet d'accéder à différentes fonctionnalités (paramétrage, calendrier...)

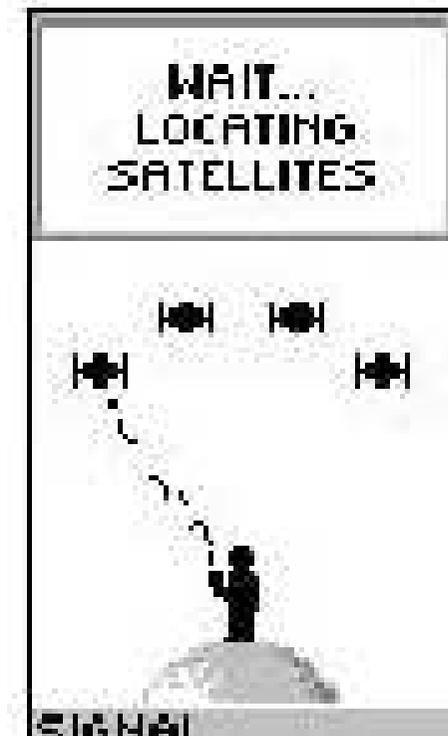
# Utilisation du GPS 2/6

## 1/ Initialisation: Page Satellites

→ acquisition des signaux des satellites: la position de l'utilisateur apparaît lorsque le GPS a obtenu un minimum de 3 signaux satellites

### *Attention!*

L'initialisation doit se faire à l'extérieur et à l'écart de tout obstacle (les signaux des satellites ne passent pas au travers des matériaux solides (sauf le verre) ou des épaisses couvertures d'arbres



# Utilisation du GPS 3/6

## 2/ Paramétrage : Page **Main Menu**

→ Setup → Units

**Choix du système de coordonnées** → Longitude, Latitude

**Choix du datum géodésique** → WGS 84 (World Geodetic System 1984) – modèle mathématique de la Terre qui en donne une forme approximative et permet d'effectuer les calculs de façon cohérente et précise.

**Choix de l'unité de longueur** → mètre

→ Time

**Choix du fuseau horaire** → Londres pour le Burkina Faso

# Utilisation du GPS 4/6

## 3/ Enregistrement des coordonnées : touche **MARK**

→ **affichage des coordonnées géographiques** du lieu (« Waypoint ») où se trouve l'utilisateur

→ **Possibilité de caractériser ce lieu** grâce à un symbole (plusieurs catégories: civil, transport, marine...) et un nom

→ **Possibilité d'affiner les coordonnées** en choisissant l'option Avg (Average): le GPS calcule la moyenne des relevés d'un même point effectués à quelques secondes d'intervalle.

# Utilisation du GPS 5/6

## 4/ Méthode de relevé sur le terrain

- **avec prise en compte du bâti:** on relève 2 points contigus et on mesure la longueur du mur perpendiculaire
- **sans la prise en compte du bâti:** on relève les coordonnées du centre d'un îlot en notant le nombre de foyers qui le composent

### Précaution:

- Le caractère exhaustif de la récolte peut nécessiter de transférer les données sur un ordinateur portable sur place (si > 500 Waypoints)
- La collecte de données pouvant s'étaler sur plusieurs jours, il faut alors s'assurer de la disponibilité en électricité du site via un groupe électrogène local ou un branchement sur la prise allume-cigares du véhicule de mission.

# Utilisation du GPS 6/6

**Au final,**

➤ Points de consommation (habitations, infrastructures, activités économiques) géoréférencés

➤ Points de consommation nommés

→ **Les données peuvent être exportées vers un logiciel de cartographie ou un SIG.**

# Transfert des données GPS

Plusieurs possibilités pour un traitement informatique des données GPS. Quelques exemples:

- ✚ **Logiciel MapSource** – Logiciel de cartographie
- ✚ **Manifold, MapInfo:** Systèmes d'Information Géographique (SIG)
- ✚ **AutoCad:** Logiciel de dessin assisté par ordinateur

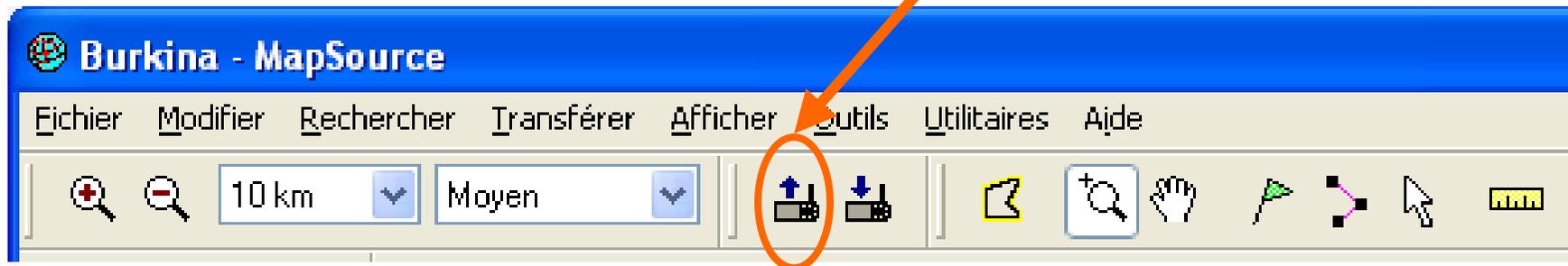
# MapSource

- Logiciel de cartographie fourni avec le GPS Garmin
- Contient des cartes plus ou moins détaillées suivant les régions du monde
- Permet de visualiser les relevés GPS effectués au sein d'une localité
- Possibilité de transférer les données sous format Excel
- MAIS présente des restrictions d'impression à petite échelle

# Import de données sous MapSource

1/ Connecter le GPS à un port USB de l'ordinateur

2/ Sous MapSource, cliquer sur « Recevoir du périphérique »

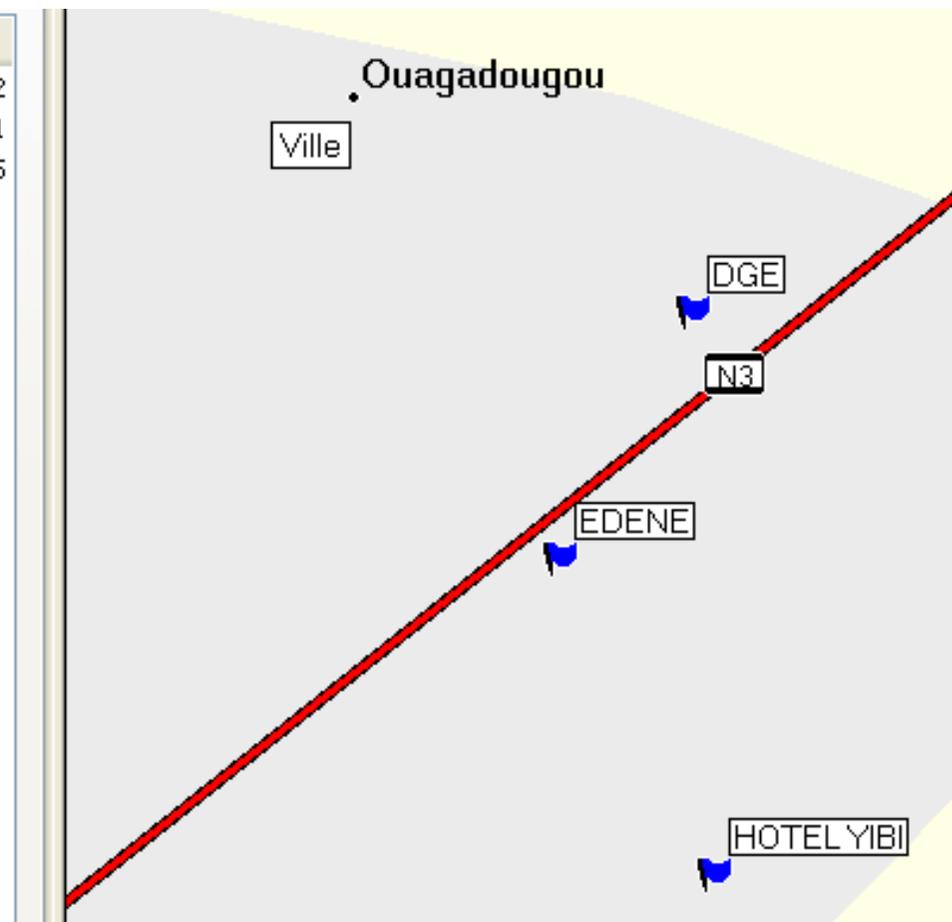


3/ Sélectionner le périphérique utilisé (ex: GPS Garmin)

4/ Les informations enregistrées sous le GPS (Waypoints + nom et symbole) apparaissent à l'écran

# MapSource - Zoom sur Ouagadougou

Nom	S.	Commentaire	Position
HOTEL YIBI	🚩	04-FEB-07 20:36:56	N12 21.692 W1 31.042
EDENE	🚩	05-FEB-07 10:45:04	N12 22.047 W1 31.221
DGE	🚩	05-FEB-07 8:30:19	N12 22.324 W1 31.065



# SIG - Manifold

- Système d'information géographique (SIG)
- Utilisation nécessitant de la pratique
- Import de données GPS direct
- Ne contient pas de données sur les infrastructures d'un pays ou d'une région mais possibilité d'importer ces informations dans le logiciel si celles-ci sont disponibles et géoréférencées
- Impression de cartes sans contrainte d'échelle

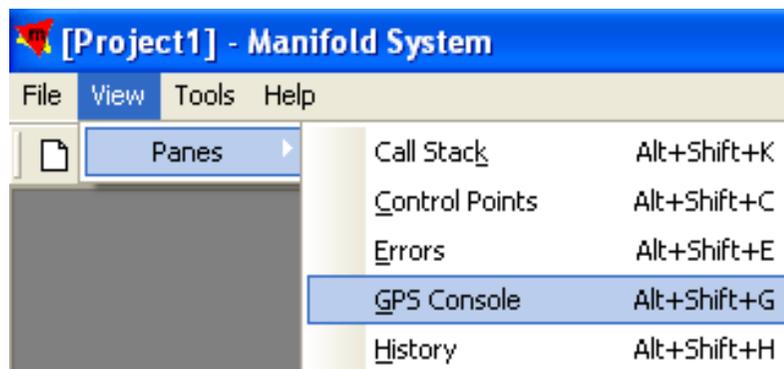
# Import de données sous Manifold

1/ Connecter le GPS à un port USB de l'ordinateur

2/ Sous Manifold,

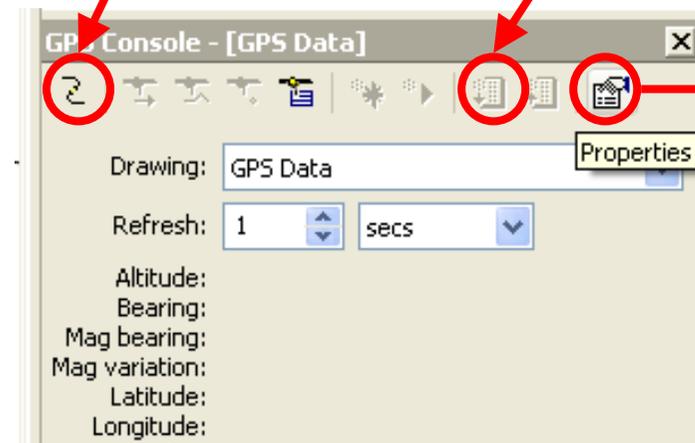
**1** Créer un Drawing (projection Lat./Long.)

**2** Dans View:



**5** Connexion

**6** Download waypoints



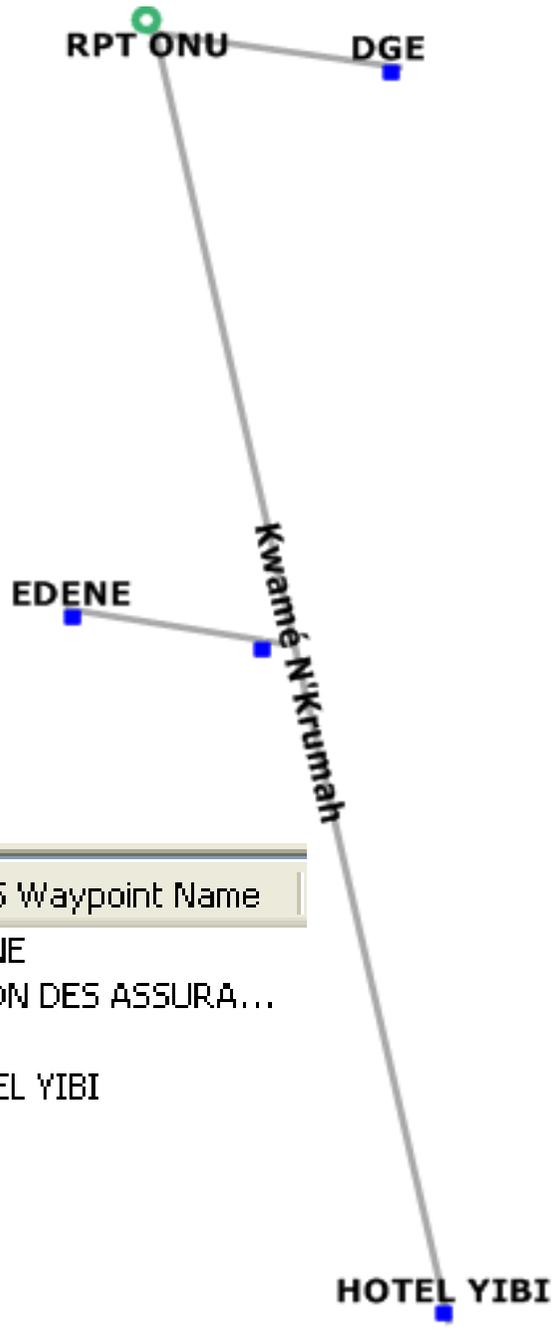
**3**

**4**



**En sortie:** Les informations enregistrées sur le GPS (Waypoints + nom et symbole) apparaissent dans un Drawing (couche) nommé **GPS Data**

# Manifold - Zoom sur Ouagadougou



GPS Latitude	GPS Longitude	GPS Waypoint Name
12.3675	-1.5204	EDENE
12.3672	-1.5188	UNION DES ASSURA...
12.3721	-1.5178	DGE
12.3615	-1.5174	HOTEL YIBI

0 >100 m

Route  
 ■ Etablissement

# Manifold - Zoom sur Ouagadougou

GPS Latitude	GPS Longitude	GPS Waypoint Name
12.3675	-1.5204	EDENE
12.3672	-1.5188	UNION DES ASSURA...
12.3721	-1.5178	DGE
12.3615	-1.5174	HOTEL YIBI

**Pour plus de précision,  
projeter les données en  
UTM afin d'obtenir  
des coordonnées  
cartésiennes**

 Universal Transverse Mercator - Zone 30 (N)

GPS Waypoint Name	X (I)	Y (I)
EDENE	660868.1986754	1367631.59011393
UNION DES ASSURA...	661035.790323289	1367601.30854196
DGE	661147.491712581	1368142.83226087
HOTEL YIBI	661196.19288446	1366978.5499698

# AutoCAD

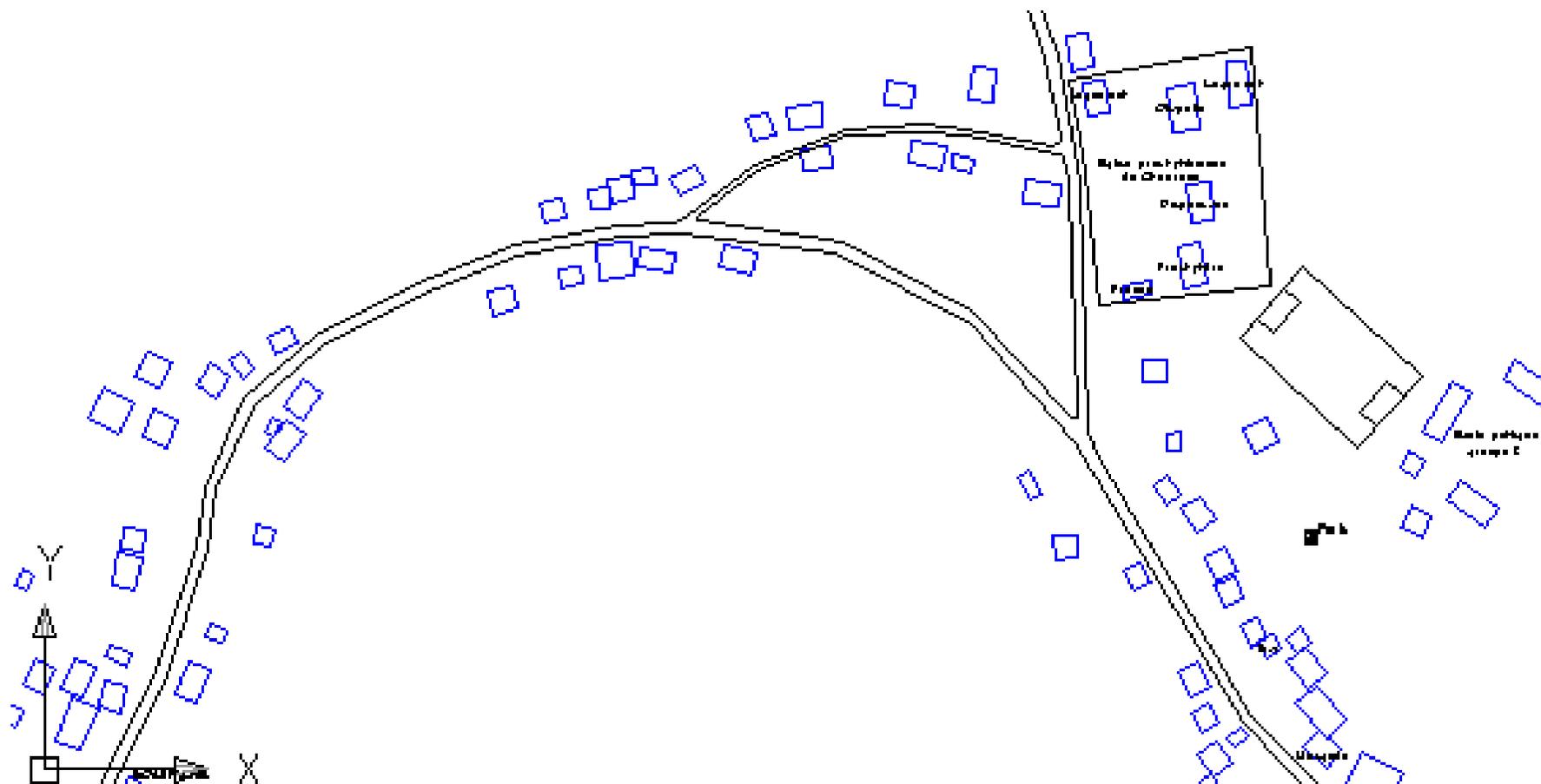
- Logiciel de dessin assisté par ordinateur
- Import de données GPS en plusieurs étapes
- Ne contient pas de données sur les infrastructures d'un pays ou d'une région
- Impression de cartes sans contrainte d'échelle

# Import de données sous Autocad (1/3)

## 5 étapes:

- import des données sous « MapSource »
- copie simple des données sous « Excel »
- création d'un script sous « Excel »
- copie du script sous « Bloc-notes »
- import des données sous « AutoCAD »

# Import de données sous AutoCAD (2/3)



# Import de données sous AutoCAD (3/3)

! Configurer le GPS et le logiciel MapSource en coordonnées cartésiennes (système de projection UTM).

MapSource

Copier/coller

Excel

Copier/coller

Bloc-notes (.scr)

Nom	S.	▲	Position
DGE			30 P 661147 1368143
EDENE			30 P 660868 1367632
HOTEL YIBI			30 P 661196 1366979
RPT ONU			30 P 660936 1368185
UNION			30 P 661036 1367601

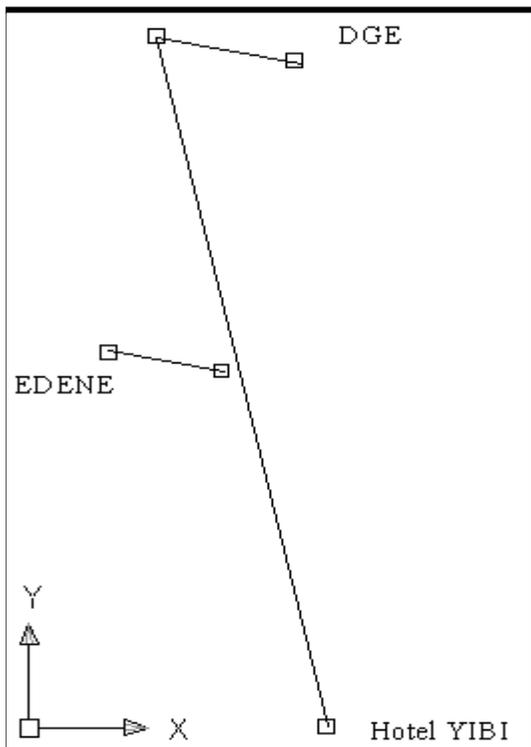
F2 = "="_point "&D2&","&E2				
	A	D	E	F
		X	Y	Script pour la création de points
1				
2	DGE	661147	1368143	_point 661147,1368143
3	EDENE	660863	1367633	_point 660863,1367633
4	HOTEL YIBI	661196	1366979	_point 661196,1366979
5	RPT ONU	660936	1368185	_point 660936,1368185
6	UAB	661036	1367601	_point 661036,1367601

CoordUTM.scr Bloc-notes			
Fichier	Edition	Format	Affichage
_point	661147,	1368143	
_point	660863,	1367633	
_point	661196,	1366979	
_point	660936,	1368185	
_point	661036,	1367601	

AutoCAD

Outils

Script



# Éléments d'analyse de la demande

En parallèle des relevés GPS, l'enquête socioéconomique doit permettre de déterminer:

- **Nombre de clients MT et BT par catégorie**
- **Consommations spécifiques par catégorie de clientèle** (*domestiques selon la classe, activités et services*)
- **Consommation totale d'énergie**
- **Puissances de pointe**

! Pour obtenir des chiffres réalistes, il est nécessaire de corriger les résultats sur les services attendus et les futures consommations par des enquêtes dans des localités anciennement électrifiées, notamment pour avoir une idée plus précise des comportements post-électrification

# Modèle Rentelec

- Fournit une image du développement d'un système électrique sur un horizon de 10 ans
- Les résultats sortant du modèle serviront pour l'évaluation de la viabilité économique et financière du système

**Intrants du modèle:** types et nombre d'abonnés (*enquête socioéconomique*), consommation (*enquête socioéconomique*), coûts d'investissement pour électrifier le site

**Extrants:** demande en électricité, proposition des tarifs à appliquer, comptabilité pro forma de la COOPEL sur 10 ans et coûts économiques d'électrification

➤ **Deux versions du modèle:**

- électrification en isolé avec groupe électrogène
- électrification par interconnexion

# Les étapes de calcul « RENTELEC »

## 1. Intrants pour les calculs de prévision de la demande

→ **prévision sur 10 ans** avec estimation du nombre de consommateurs, puissance souscrite, consommation totale, courbe de charge journalière (année 3) pour dimensionnement

## 2. Entrants pour les calculs économiques et financiers.

→ Les coûts économiques et financiers sont calculés

## 3. Développement d'une structure tarifaire

4. La comptabilité de la COOPEL est projetée sur l'horizon du calcul

# Sorties RENTELEC

Version 2,0

**RENTELEC**

*Analyse de la demande*

Frisenborg Consulting

Rentabilité du système électrique

Danemark

Date	Par	Control.	Nom du projet							
28 Novembre 2004	sfm		Réseau ERD							

## prévision de la demande de la zone délimitée

<i>demande d'énergie - MWh</i>	<u>1 an</u>	<u>2 ans</u>	<u>3 ans</u>	<u>4 ans</u>	<u>5 ans</u>	<u>6 ans</u>	<u>7 ans</u>	<u>8 ans</u>	<u>9 ans</u>	<u>10 ans</u>
ménages 1A	25	29	34	39	46	53	62	72	84	97
ménages 3A	25	28	32	36	41	46	53	59	67	76
commerces et production	25	28	32	35	40	45	50	56	63	71
administration et infrastructure publiques	60	61	62	64	65	66	68	69	70	72
autres	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12
totale énergie consommée	145	157	170	185	202	222	244	268	296	328
pertes distribution et transport	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
totale énergie produite	161	174	189	206	225	246	271	298	329	365

<i>puissance pointe - kW</i>										
facteur de charge	50%	52%	55%	55%	56%	57%	57%	58%	59%	60%
puissance pointe	37	38	40	43	47	50	55	59	64	70

48

# (Analyse + Géographie) de la demande

Relevés terrain

Localisation des points de consommation

Tracé du réseau

Définition des caractéristiques de chaque dipôle du réseau

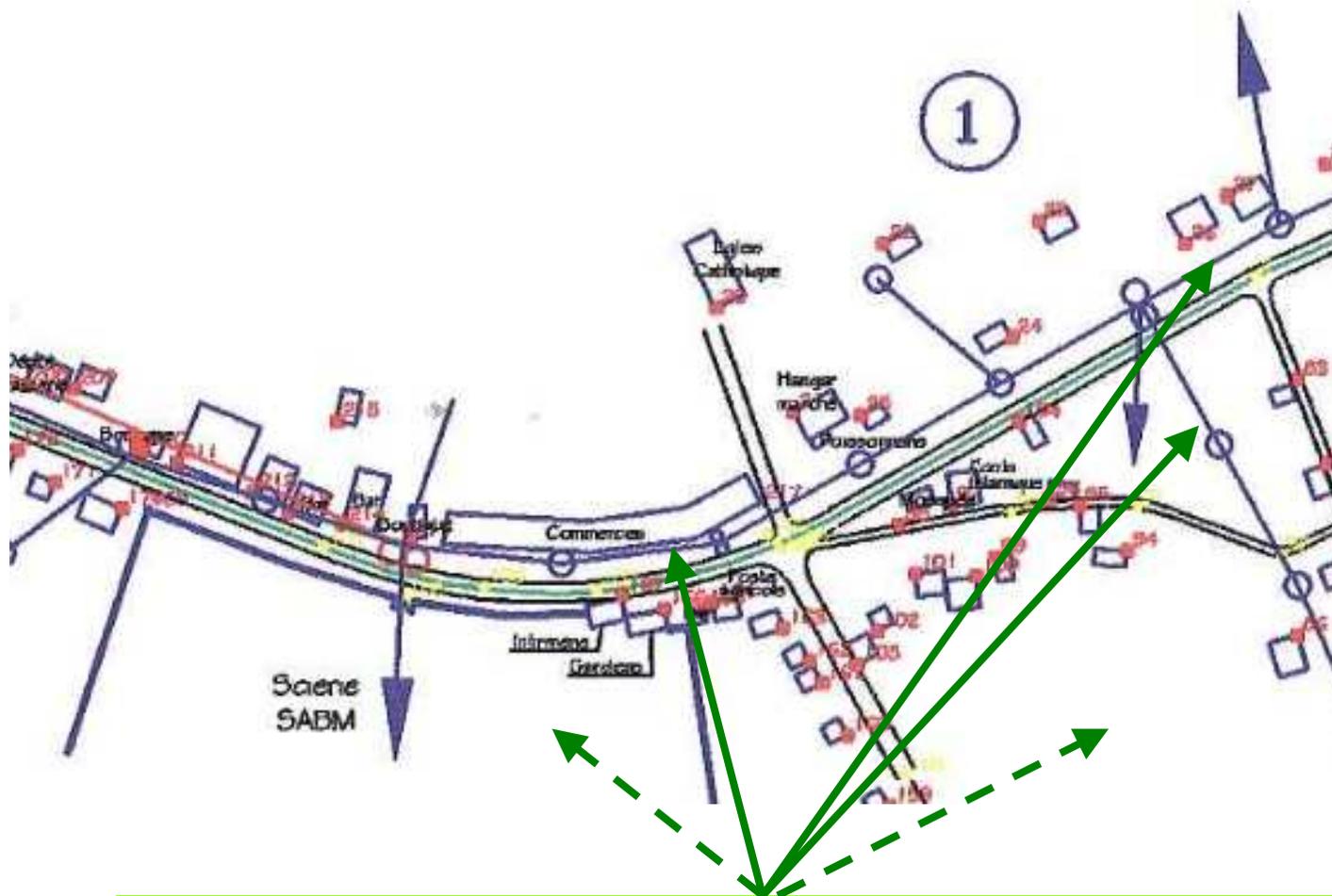
Dimensionnement du réseau

Analyse de la demande

## Caractéristiques

- Nombre de clients MT et BT par catégorie
- Consommations spécifiques par catégorie de clientèle (domestiques selon la classe, activités et services)
- Consommation totale d'énergie
- Puissances de pointe

# (Analyse + Géographie) de la demande



**Estimation de la pointe et de la consommation au niveau des dipôles**

## Définition des caractéristiques des dipôles du réseau 1/2

- 1/ Les relevés GPS permettent de localiser les points de consommation
- 2/ L'analyse de la demande nous fournit les consommations et puissances de pointe pour chaque catégorie de clientèle de la localité
- 3/ Le tracé du réseau définit les dipôles du système électrique

**→ on peut ainsi définir la répartition de la clientèle par dipôle**

**→ et donc les consommations et puissances de pointe comme % des valeurs à l'échelle du village**

**→ Phase de dimensionnement du réseau**

# Suite de la formation

## Mercredi 7

**VI. Manipulation in situ (localité: Nobere, départ 8H de la DGE)**

## Jeudi 8 & Vendredi 9

**VII. Calculs électriques de réseau (cas pratique grâce aux relevés GPS de Nobere)**

## ANNEXE 3 : Rappels d'électrotechnique

### 1. Nœud et dipôle

On peut représenter un réseau électrique sous la forme d'un ensemble de nœuds et de dipôles. Un nœud représente une discontinuité du réseau, soit parce qu'une charge particulière y est connectée, soit parce qu'il y a une dérivation, soit parce qu'il y a un changement de section des conducteurs. Un dipôle est la portion homogène de réseau comprise entre deux nœuds.

### 2. Réseau radial, réseau maillé

Un réseau radial ne comprend pas de boucle, c'est –à dire qu'un nœud aval dans le sens du courant ne peut pas être connecté à un nœud amont. Le réseau a la forme d'une arborescence. Un réseau maillé contient des boucles. En règle générale les réseaux de transport peuvent être maillés. Les réseaux de distribution MT et BT sont radiaux.

### 3. Niveaux de tension

Les réseaux se distinguent par leurs niveaux de tension :

fonction	tension	puissance	distance	desserte	technologie
transport national, interconnexion	225 kV/ 400 kV	plusieurs centaines de MW	plusieurs centaines de km	uniquement dans les postes	pylônes : portiques ; triphasé
transport régional	60/90/137 kv	~100 km	< 100 MW	uniquement dans les postes	pylônes ; portiques triphasé
distribution MT	3 – 33 kV entre phases	quelques dizaines de km	< 15 MW	le long du réseau en MT	poteaux ; triphasé ; biphasé ; SWER
distribution BT	(127- 230V- 1000V entre phase et neutre	quelques km	< 500 kW	le long du réseau 127/230	poteaux câble torsadé ou nu ; mono/bi/tri

### 4. Puissance active et réactive

Puissance active :  $P = VI \cos \varphi$  en monophasé en W si I est en ampères et V en volts  
 $P = 3 VI \cos \varphi$  en triphasé

Puissance réactive  $P = VI \sin \varphi$  en monophasé en VAR si I est en ampères et V en volts  
 $P = 3 VI \sin \varphi$  en triphasé

Puissance apparente  $S = VI$  en monophasé en VA si I est en ampères et V en volts  
 $S = 3 VI$  en triphasé en VA si I est en ampères et V en volts

## 5. Formules à savoir

$$S = \text{RACINE}(P^2 + Q^2)$$

$$\text{tg } \varphi = \text{TAN}(\text{ACOS}(\varphi))$$

$$\sin \varphi = \text{SIN}(\text{ACOS}(\varphi))$$

$$\cos \varphi = \text{COS}(\text{ATAN}(\varphi))$$

$$Q = P \text{ tg } \varphi$$

Si  $\cos \varphi = 0,8$   $\sin \varphi = 0,6$  et  $\text{tg } \varphi = 0,75$

## 6. Calcul du dipôle

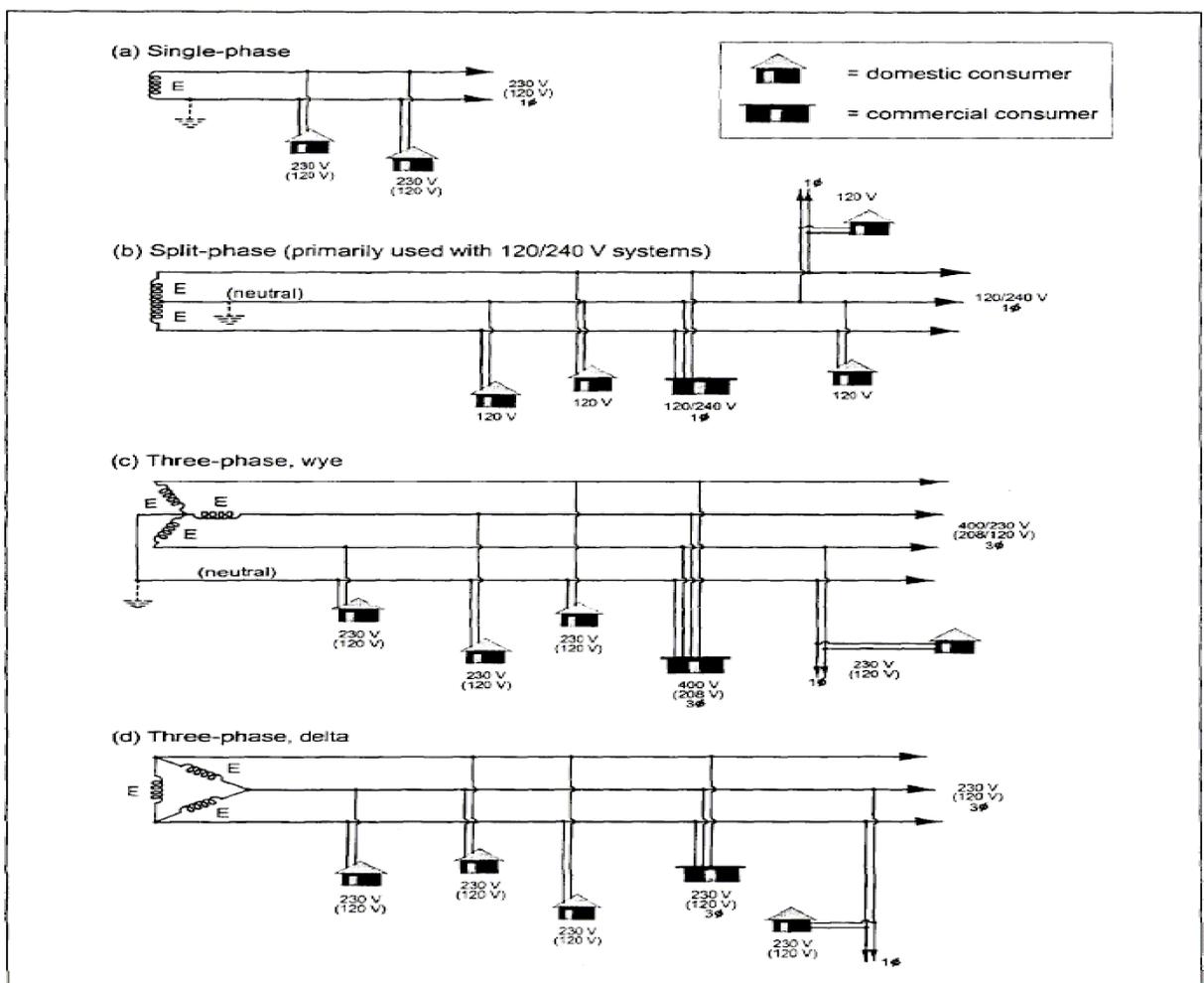
Si le courant va de 2 vers 1

$$P_2 = P_1 + R(P_1^2 + Q_1^2) / V_1^2$$

$$Q_2 = Q_1 + X(P_1^2 + Q_1^2) / V_1^2$$

$$(V_2 - V_1) / V_1 = \text{RACINE}((P_2^2 + Q_2^2) / (P_1^2 + Q_1^2)) - 1$$

## 7. Configuration de la distribution BT



8. Chutes de tension et pertes

Configuration	charge en extrémité		charge répartie uniformément		facteur de déséquilibre 50%*
	$\Delta V/V$	pertes	$\Delta V/V$	pertes	
<b>monophasé</b>	X	Y	X/2	Y/3	1
<b>biphasé</b>	X/4	Y/4	X/8	Y/12	1,8
<b>triphasé triangle</b>	X/2	Y/2	X/4	Y/6	1,1
<b>triphasé étoile</b>	X/6	Y/6	X/12	Y/18	1,5