

## Chapitre 3 : Transport de l'énergie

### I. Transport des combustibles

#### 1. Mode de transport par pipeline

est un mode de transport des matières fluides réalisé au moyen de conduites constituant généralement un réseau.

Cependant, les produits généralement visés par le terme « transport par canalisation » sont : **le pétrole** et autres **hydrocarbures liquides, le gaz naturel et autres gaz combustibles**, ainsi que certains produits chimiques. Selon le produit transporté, les pipelines portent des noms spécifiques : **gazoduc, oléoduc**,

#### Transport par oléoducs et gazoducs

Le transport par canalisation est généralement le moyen le plus économique de transporter du pétrole ou du gaz naturel sur de grandes distances terrestres.

Pour traverser de grandes distances maritimes, bien que des techniques sous-marines existent, le transport maritime par **pétrolier** ou **méthanier** est plus économique.

Le transport par canalisation de ces **hydrocarbures** utilise majoritairement des **tubes en acier, soudés** bout à bout et **revêtus par enrobage** pour mieux résister à la **corrosion** et aux agressions **chimiques ou mécaniques**.

Le fluide transporté dans les canalisations se déplace généralement sous **pression**, à des vitesses variant de 1 à 6 m/s. La pression et la vitesse de circulation (ou le débit) sont générées par des **pompes centrifuges** (pour les liquides) ou des **compresseurs** (pour les gaz).

Les oléoducs transportent souvent plusieurs types d'hydrocarbures, en séquences appelés « trains » ou "batches". A l'interface entre deux trains, un mélange partiel de produits se crée. Le bouchon (zone de mélange dite "conta" (de contamination)) est écarté et traité à l'arrivée dans la station de réception.

Les systèmes de gazoducs, au contraire, transportent le plus souvent des fluides gazeux dont la composition reste stable dans le temps.

#### Composants des réseaux de transport par canalisation

Les **réseaux** de transport par canalisation sont composés de tronçons de **conduites** et d'ouvrages connexes remplissant des fonctions précises :

- les stations d'injection ou de départ constituent les points d'entrée du réseau de transport. Suivant leur configuration et leur position géographique ce peuvent être des stations d'atterrage, des terminaux, des stations d'entrée ;
- les stations de compression (pour les gaz) ou stations de pompage (pour les liquides) sont réparties régulièrement le long des réseaux de transport pour maintenir, par la pression, la vitesse du fluide dans les canalisations ;
- les postes de livraison permettent de mettre la matière transportée à disposition des destinataires intermédiaires ou finaux ;
- les postes de sectionnement permettent d'isoler un tronçon de canalisation afin d'assurer sa maintenance ou de limiter les conséquences néfastes en cas de fuite. Ces postes sont parfois équipés de coupure pour introduire et recevoir des **pistons racleurs** (*pig(s)* en anglais), destinés à contrôler les différents paramètres d'intégrité de la canalisation : géométrie, propreté, perte de métal, fissuration, etc. ;

La distance entre deux postes de sectionnement consécutifs dépend de la réglementation applicable, selon le fluide transporté et le pays concerné. La distance entre deux postes de coupure (ou de demi-coupure) consécutifs varie d'une dizaine de kilomètres pour de courtes antennes ou points spéciaux, à quelques centaines de kilomètres pour de grandes canalisations de transit ;

- les postes de détente ou poste de régulation permettent de diminuer la pression de fluide à l'aval. Ces postes sont souvent associés à des postes de livraison. Ils peuvent aussi séparer des portions de réseau exploités à des pressions différentes ;
- les stations d'arrivée marquent l'extrémité d'un réseau de transport. Ce peut être un réservoir de stockage ou le début d'un réseau aval de transport ou de distribution.

## 2. Mode de transport routier

Le transport du pétrole par camion est essentiellement réservé aux produits déjà raffinés. Il sert par exemple à approvisionner les stations-service. Les camions ont plusieurs compartiments dans leur citerne afin de séparer les différents types de carburant et de ne pas multiplier les trajets. Le camion demeure aussi l'unique moyen de transport pouvant atteindre n'importe quel **endroit du territoire** grâce aux nombreuses routes.

## 3. Mode de transport ferroviaire

Aujourd'hui, le **réseau oléoduc** n'est pas suffisant pour transporter l'ensemble du **pétrole produit**. On fait donc appel à des **wagons-citernes** qui transportent parfois les oléoducs, formant ainsi un « pipeline virtuel et mobile ». L'avantage du train est d'être plus mobile, de pouvoir emprunter toutes les voies ferrées existantes et de s'adapter à la demande en ajoutant si besoin des wagons supplémentaires. Cette solution reste considérée comme dangereuse grâce aux accidents. Les déraillements peuvent entraîner de lourdes pertes et causer des incendies et des risques écologiques.

## 4. Mode de transport par voie maritime

Le pétrole peut être transporté par des **navires pétroliers**, aussi appelés « **tankers** » ou « **supertankers** » pour les plus grands d'entre eux. Les navires pétroliers ont des appellations différentes selon le **type de produits** qu'ils transportent (**pétrole brut ou produits raffinés**) et selon leur **capacité embarquée**. La **dimension des navires** (et donc leur capacité de transport) est par ailleurs limitée selon les **points de transit empruntés** (plus ou moins larges).

### Caractéristiques des navires pétroliers

La capacité de transport des navires pétroliers est exprimée en « tonnes de port en lourd » (tpl ou dwt en anglais). Cela correspond à leur chargement maximum.

Les tankers les plus répandus à l'heure actuelle sont :

- les Panamax capables de transporter entre 50 000 et 79 999 tpl. Cette capacité correspond à la limite imposée aux pétroliers pour transiter par le canal de Panama ;
- les Aframax entre 80 000 et 124 999 tpl (capacité maximale pour les navires ayant un système de jauge dit AFRA, pour « Average Freight Rate Assessment ») ;
- les Suezmax de 125 000 à 199 999 tpl ;
- les VLCC (pour « Very Large Crude Carriers ») à partir de 200 000 tpl et jusqu'à 349 999 tpl dans le cas des navires à double coque (jusqu'à 319 999 tpl dans le cas des navires à coque simple) ;
- les ULCC (pour « Ultra Large Crude Carriers ») au-dessus de 320 000 tpl dans le cas des navires à coque simple et au-dessus de 350 000 tpl dans le cas de ceux à double coque.

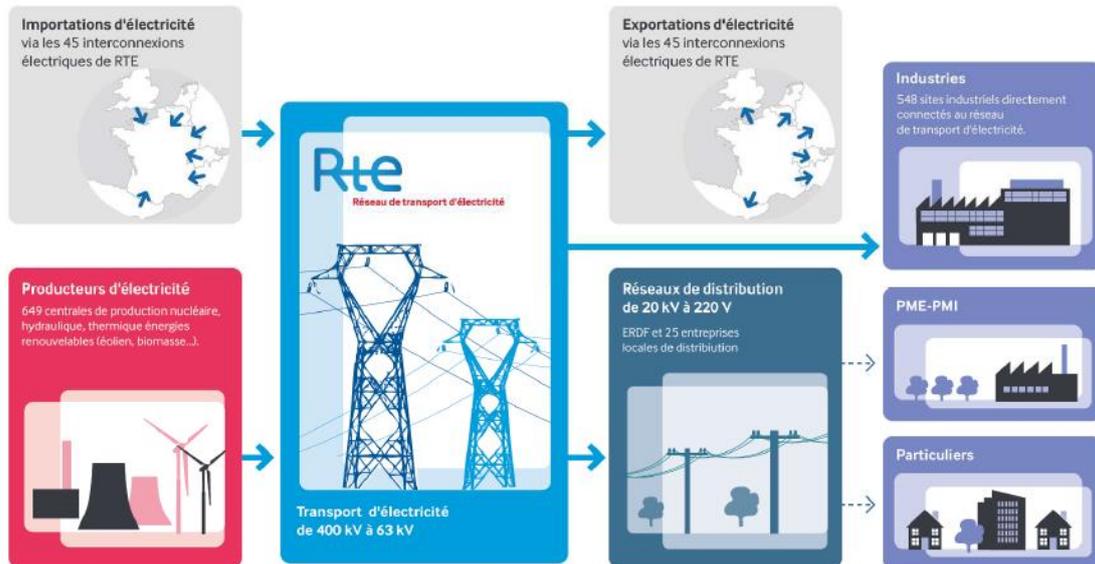
Les plus grands navires pétroliers actuellement en activité ont une capacité de 441 560 tpl. La vitesse moyenne d'un navire transportant 250 000 tonnes de pétrole est d'environ 15 nœuds, soit près de 28 km/h.

## II. Transport de l'énergie électrique

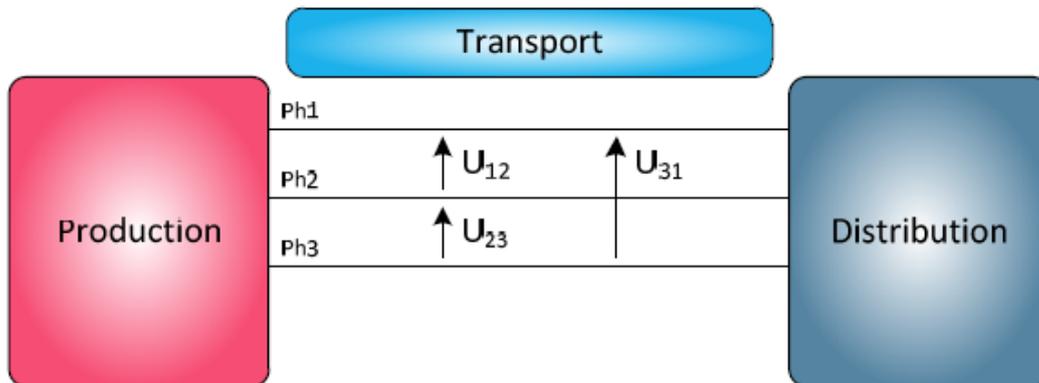
### 1. Production et transport de l'énergie électrique

L'énergie électrique produite par les différentes centrales est transportée en haute tension, ce qui permet d'acheminer de fortes puissances.

Cette tension est ensuite abaissée pour la distribution à un niveau plus ou moins élevé selon la puissance demandée par le consommateur final.



La production et le transport de l'énergie électrique se font la plupart du temps en régime alternatif triphase. L'énergie circule sur 3 conducteurs appelés phases (ou conducteurs de ligne).



### 2. Domaines de tension

Les ouvrages et installations électriques sont classés en domaines de tension

- **BT** (Basse Tension)
- **MT** (Moyenne Tension)
- **HT** (Haute Tension)
- **THT** (Très Hautes Tension)

### 3. Problème du transport de l'énergie

Les centrales qui produisent de l'énergie électrique sont implantées selon les conditions géographiques (centrales hydrauliques, éoliennes...), selon les contraintes d'approvisionnement en combustible ou d'alimentation en eau de refroidissement (centrales thermiques...).

Quant aux consommateurs d'énergie, ils sont répartis sur tout le territoire, et souvent éloignés des grandes centrales de production d'énergie.

Le réseau de transport et d'interconnexion assure en permanence une liaison entre les centrales de production et les lieux de consommation, sachant que l'électricité ne se stocke pas (à chaque instant, la

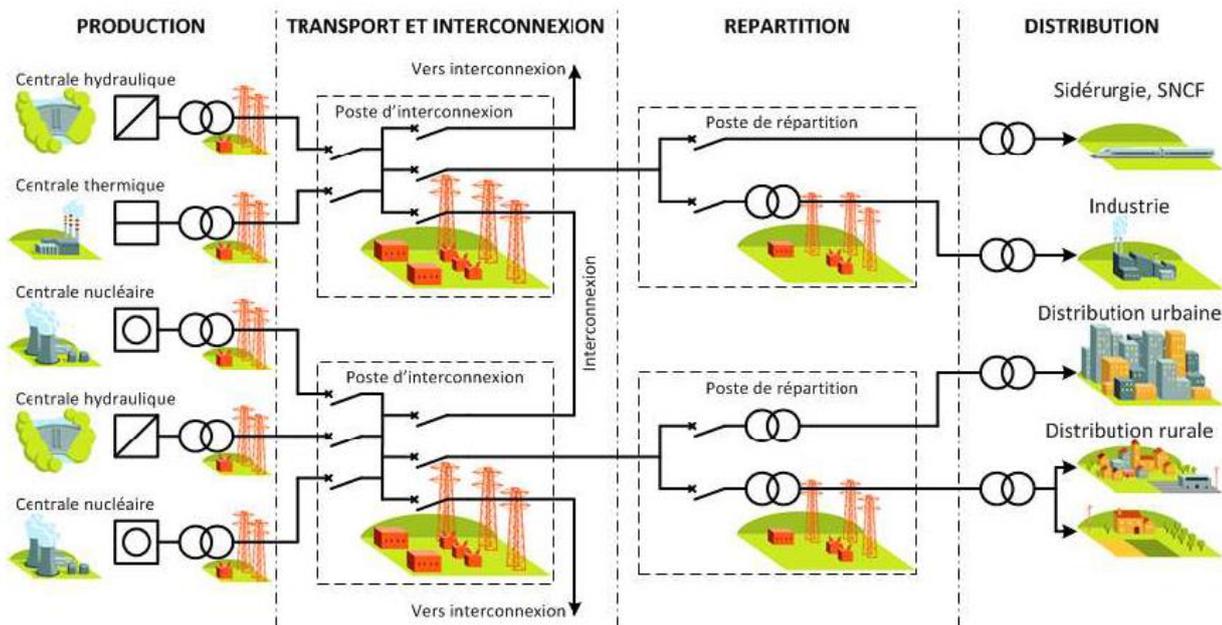
production est égale à la consommation).

## 4. Structure du réseau de transport et de répartition

### 4.1. L'interconnexion

Toutes les lignes haute tension sont interconnectées, c'est-à-dire qu'elles sont reliées par des postes de transformation assurant la continuité entre les lignes de différents niveaux de tension.

### 4.2. De la production à l'utilisation



*Production :* La tension la plus courante fournie par les alternateurs des centrales est 20 kV.

➤ *Transport et interconnexion :* La tension des centrales est élevée à 225 kV pour les boucles régionales ou 400 kV pour les boucles nationales.

➤ *Répartition :* Au niveau local, la répartition se fait avec des tensions entre 63 et 150 kV.

➤ *Distribution :* Selon la puissance demandée par les consommateurs, elle se fait entre 230 V et 20 kV.

### 4.4.2. Les pylones

Ces pylones sont le plus souvent constitués de treillis et de cornières métalliques. Ils peuvent également être tubulaires en métal ou en béton.

Leur rôle est de maintenir les câbles électriques écartés entre eux et à une certaine distance du sol et des obstacles rencontrés afin d'assurer la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage de la ligne.

### 4.4.3. Les câbles

Il existe plusieurs types de conducteurs de lignes aériennes nues en fonction de leur structure et de leur composition :

- les conducteurs homogènes en aluminium pur (**AAC**)
- les conducteurs hétérogènes composés d'aluminium et d'acier (**ACSR**)
- les conducteurs hétérogènes composés d'aluminium et d'ACS (Aluminium Clad Steel) (**ACSR/AW**)
- les conducteurs homogènes en alliage d'aluminium (**AAAC**)
- les conducteurs hétérogènes composés d'alliage aluminium et d'acier zingué (**AACSR**)
- les conducteurs hétérogènes composés d'alliage aluminium et d'ACS (Aluminium Clad Steel)

(**AACSR/AW**)

les conducteurs hétérogènes composés d'aluminium et d'alliage aluminium (**ACAR**)

Tous doivent réaliser un équilibre entre solidité mécanique (tenue) et résistance électrique (conductivité).

Les conducteurs en aluminium à armure acier (ACSR) sont très résistants et supportent les hautes

tensions sur de longues portées. Les conducteurs tout aluminium (AAC), insensibles à la corrosion, conviennent parfaitement aux conditions sévères.



#### 4.5. Les lignes souterraines

Pour des raisons d'esthétique, on serait tenté de remplacer des lignes aériennes par des câbles souterrains mais cela pose des problèmes :

- Un câble souterrain se comporte comme un condensateur (l'âme du câble et l'armature en sont les électrodes). Par exemple pour un câble de 400 kV, la distance critique est de 45 km, au-delà, le courant ne circule plus.
- Une canalisation souterraine est assez vulnérable et beaucoup plus difficile à localiser.
- Une ligne souterraine coûte 12 à 15 fois plus chère qu'une ligne aérienne.

En pratique, on regroupe les câbles en « trèfle » : Les câbles souterrains se comportent en condensateurs et nécessitent une compensation par des selfs sur des longues distances.

