

CHAIRE QUETELET 1976

L'OBSERVATION DEMOGRAPHIQUE dans les PAYS A STATISTIQUES DEFICIENTES

SERVICE CENTRAL DE  
DOCUMENTATION  
ARRIVÉE

LE 29 MAR. 1976

No. 1820

L'UTILISATION DE LA METHODE P.E.R.T.

POUR L'ORGANISATION D'UNE OPERATION EN DEMOGRAPHIE

Philippe ANTOINE - Pierre CANTRELLE

ORSTOM

Les activités industrielles nécessitent des méthodes élaborées d'organisation pour rentabiliser la production. Si le démographe ne subit pas les mêmes contraintes, on peut néanmoins considérer les résultats démographiques comme un produit. Lors d'une opération démographique on cherche à obtenir des informations avec la meilleure précision possible, mais le temps et le budget mis à disposition sont limités, et restreignent ainsi les possibilités. Il faut donc gérer au mieux son temps et ses fonds, et la méthode P.E.R.T. (Program Evaluation and Review Technic) (1) peut y contribuer utilement. Après avoir présenté son principe, on proposera un exemple d'application à une opération démographique.

(1) on sait que cette méthode américaine a été mise au point lors des programmes de la NASA.

17 MAI 1976

O. R. S. T. O. M.

Collection de Références

no. B-8153 Demogr

## I. PRINCIPE DE LA METHODE P.E.R.T.

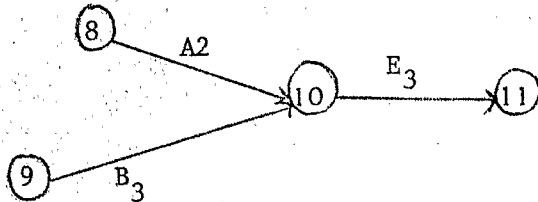
Le principe de la méthode P.E.R.T. consiste en l'élaboration d'un plan des tâches tenant compte des diverses contraintes pesant sur l'opération. L'élément essentiel du procédé est l'utilisation d'un réseau dont chaque arc représente une activité ou tâche. On met ainsi en évidence, l'influence des différents événements sur la réalisation d'un projet. Un sommet de l'arc est atteint lorsque une tâche prend fin pour laisser place à une autre. Ce sommet est appelé étape ou événement et est symbolisé par un chiffre. De proche en proche se constituent ainsi les étapes de l'avancement de l'opération. A chaque tâche correspond une durée, tandis qu'un sommet correspond à une date. Le graphe est construit en tenant compte des contraintes ; plus elles seront nombreuses, plus leurs arrangements seront complexes. Cette méthode apporte de nombreuses solutions à l'ordonnement de travaux, et les phases principales du raisonnement sont les suivantes : établissement du réseau et calcul du chemin critique.

### Etablissement du réseau :

Pour établir le réseau on dresse la liste détaillée des tâches, chacune d'elles désignée par une lettre, ou plus exactement un même groupe de tâches par une même lettre, chaque tâche particulière étant symbolisée par la lettre indiquée. Ainsi :

- recrutement des enquêteurs :  $P_1$
- formation des enquêteurs :  $P_2 \dots \dots$

Une fois connu les tâches antérieures à une tâche déterminée, on établit les relations entre les diverses tâches (lettres). Par exemple, pour effectuer la tâche  $E_3$  il faut que les tâches  $A_2$  et  $B_3$  soient toutes deux terminées, c'est-à-dire atteignent la même étape (10) :



La file d'attente, élaborée en reliant toutes les étapes, constitue le réseau P.E.R.T. Ce travail terminé il convient de dégager la durée minimale de réalisation du programme, obtenu par le chemin critique.

### Le chemin critique :

Le réseau formé par l'ensemble des tâches met en évidence la structure d'un projet de prévision et les liens d'interdépendance entre les diverses tâches, mais ne donne pas d'informations particulières. La détermination du chemin critique nécessite au préalable d'accompagner la lettre symbolisant une activité par la durée moyenne correspondante. Lorsque ces temps sont mal connus, la méthode P.E.R.T. propose la solution suivante : pour chaque tâche on fixe une durée minimale  $m$ , une durée maximale  $M$  et une durée probable  $P$ . La valeur moyenne  $t$  est obtenue par la relation suivante

$$t = \frac{m + 4P + M}{6} \quad \text{avec une variance égale à } \left( \frac{M - m}{6} \right)^2$$

Ce calcul est évidemment approximatif mais permet d'estimer le chemin critique.

La détermination du chemin critique, consiste à établir le chemin le plus long entre l'entrée et la sortie du graphe. Cette recherche est facilitée par le recours à l'algorithme de FORD. Ce procédé laissant à chaque sommet  $i$ , la marque d'un temps  $t_i$ , permettant de calculer la date la plus proche à laquelle l'étape représentée par ce sommet pourra être atteinte (1). Chaque opération étant réalisée à sa durée moyenne  $t$ , le chemin critique détermine la durée moyenne totale  $T$  de réalisation, et permet de dégager les tâches appelées "critiques" sur lesquelles tout gain de temps obtenu entraîne un gain de temps pour l'ensemble des travaux. Par contre les tâches qui ne figurent sur ce chemin, sont considérées comme activités "à la marge". Par différence entre le temps "critique" et le temps "à la marge" on obtient l'intervalle de flottement pour les phases hors du chemin critique. Ces principes généraux étant posés on peut tenter de les adapter à une opération démographique.

## II. APPLICATION DE LA METHODE P.E.R.T. à une OPERATION DEMOGRAPHIQUE.

L'application de la méthode PERT à une opération démographique est possible. Dans un premier temps, l'idée en est venue pour des raisons didactiques. Plutôt qu'une description complète des opérations, toujours fastidieuse, il a été jugé préférable d'

(1) Pour une formulation développée : MULLER(Y). Initiation à l'organisation et à la recherche opérationnelle, DUNOD<sup>et</sup> KAUFMANN, La méthode PERT, DUNOD.

établir la liste des tâches et leurs liens d'interdépendance pour une présentation soit dans le cadre d'un enseignement de "collecte" ou, à plus forte raison, soit lors de la formation du personnel participant à une opération démographique, pour montrer les liaisons entre chacune des tâches. Mais les avantages de la méthode ne résident pas seulement dans cet aspect. Elle permet de mieux gérer le temps, et par là même de réaliser une économie sur le budget de l'opération. L'étude à partir d'un exemple n'ayant pas l'ambition de s'appliquer à toute opération, permet d'en apporter la démonstration.

On a choisi le cas d'une enquête rétrospective à un seul passage se déroulant en milieu urbain en vue de dégager des indicateurs de croissance urbaine. Les temps indiqués ne servent qu'à faciliter l'explication et permettent de tracer un chemin critique plausible. La liste détaillée des tâches est présentée dans le tableau, et le réseau P.E.R.T. qui en résulte, figure en annexe.

Si le réseau P.E.R.T. d'une opération démographique est plus simple que dans une application industrielle, il semble par contre souhaitable d'introduire de nouveaux types de liaison montrant l'interaction de diverses activités :

- Des liaisons incidentes, de temps nul, symbolisées par  $\alpha_i$ , où l'indice  $i$  correspond à l'activité influente sur le déroulement ultérieur de l'opération. Ces liaisons sont nécessaires quand il n'existe pas de réciprocity dans la succession de certaines activités. Par exemple de (28) à (31), sur le P.E.R.T. joint, figure une liaison  $\alpha_Q$  montrant que la réalisation du questionnaire définitif  $Q_4$  et  $Q_5$  influe sur l'établissement du dossier d'analyse  $T_2$  mais par contre la phase préparatoire de l'exploitation  $T_1$  n'a pas d'effet sur l'impression du questionnaire  $I_1$ .

- Des liaisons incidentes, mais permanentes durant le déroulement d'une activité, appelées liaison  $\beta$  existent lorsque deux ou plusieurs activités se déroulent en parallèle, pendant toute une période : à chaque instant le déroulement de l'une conditionne le déroulement de l'autre. Ainsi dans l'exemple, parallèlement à l'enquête sur le terrain  $E_3$ , se déroule la vérification des questionnaires  $E_5$ , avec un certain décalage de temps, le déroulement de  $E_3$  influe sur  $E_5$  (alimenté en questionnaire) en permanence, ce que rappelle la liaison (41) - (43). Le temps de décalage est évalué et porté sur les liaisons  $\beta$ .

- Il a semblé utile de symboliser par des liaisons  $\xrightarrow{Y_i}$ , liaison de gestion, les contraintes administratives et de matériel (crédits, véhicules, papier, etc...). Ceci permet de faire figurer les dates limites pour l'arrivée de certaines livraisons. Ainsi la date de l'étape (28) constitue la dernière limite pour l'arrivée du papier destiné à l'impression des questionnaires et documents annexes. Pour une enquête la liste des liaisons  $Y$  est souvent plus importante que ces quelques exemples retenus.

Il peut être utile d'établir un calendrier de ces diverses contraintes de gestion, comme il figure au bas du réseau P.E.R.T. que l'on a tracé.

Le calcul du chemin critique pour une opération démographique est relativement facile. Dans l'exemple on remarque que trois solutions sont possibles : le chemin passe soit par l'élaboration de la base de sondage, soit par l'établissement des questionnaires et documents annexés soit enfin par la phase de préparation du dossier d'analyse et d'exploitation.

En recourant aux additions de temps comme le propose l'algorithme de FORD, on détermine le chemin critique passant par les étapes suivantes :

⑧ , ⑨ , ⑩ , ⑬ , ⑭ , ⑯ , ⑳ , ㉓ , ㉔ , ㉕ ,  
 ㉘ , ㉙ , ㉚ , ㉛ , ㉜ , ㉝ , ㉞ , ㉟ , ㊱ , ㊲ ,  
 ㊳ , ㊴ , ㊵ , ㊶ , ㊷ , ㊸ , ㊹ .

Donc l'opération doit durer à partir de l'accord ⑧ , en moyenne 515 jours (ouvrables), sans tenir compte de la phase préparatoire estimée à 87 jours.

L'intérêt de la méthode P.E.R.T. appliquée à une opération démographique apparaît sous un triple aspect :

- Connaître le temps maximum d'enquête et établir ainsi soit la date de début d'opération ⑧ en fonction d'une date déterminée ㉜ d'enquête sur le terrain E<sub>3</sub>, soit d'établir un calendrier pour la gestion de l'enquête (commandes matériel, relations avec services extérieurs : imprimerie, informatique...).

- Gagner du temps en agissant sur les tâches critiques qui ne peuvent être déterminées que par le P.E.R.T. Un gain de temps sur les tâches à la marge n'aurait pas de répercussion sur le temps final. Toutefois il est possible que ces délais plus courts le long du chemin ou inversement des délais trop importants pour les activités à la marge entraîne un changement de chemin critique. Dans l'exemple le chemin peut passer par l'élaboration de la base de sondage : ⑨ , ⑰ .... ㉞ , ㉛ si l'on manque totalement d'informations pour cette phase de l'opération. On remarque d'ailleurs que l'intervalle de flottement est faible par rapport au chemin critique. Le chemin partiel ⑨ , ⑰... ㉞ dure 73 jours, et 89 jours pour le chemin critique de ⑨ à ㉜ , soit un intervalle de 16 jours. La comparaison <sup>pour cette partie du réseau</sup> ne peut porter qu'entre ces dates, car il existe une liaison  $\alpha Q$  entre ㉜ et ㉞ impliquant l'exécution de Q<sub>4</sub> pour déclencher D<sub>4</sub>.

Il est également possible d'utiliser le chemin critique pour essayer de maintenir les délais de l'opération en cas de retard, en agissant sur les activités critiques.

- Essayer de réduire les coûts de l'opération, en agissant sur les temps. Toutefois les coûts de l'enquête peuvent être classés en trois catégories.

Les coûts fixes pour une opération donnée, qui comprennent les coûts de gestion et d'équipement.

Les coûts variables en fonction de la taille de l'échantillon retenu.

Les coûts variables en fonction du temps de l'opération.

Il faut remarquer que si le rapport  $\frac{\text{temps d'enquête}}{\text{temps de l'opération}}$  est faible, la

phase sur le terrain a un coût élevé, car elle utilise un personnel plus important, et son prolongement dans le temps aura des répercussions financières. Les deux coûts variables sont en fait liés car la taille de l'échantillon détermine en partie le temps d'enquête. L'optimisation de la fonction de coût, pour une précision donnée, nécessiterait l'élaboration d'un plan de sondage entraînant un temps d'enquête minimal.

La méthode P.E.R.T. dépasse la simple élaboration d'un calendrier et permet une gestion plus saine d'un budget d'une opération démographique. Ceci s'applique d'autant plus dans les pays où les ressources financières sont limitées.

## LISTE TACHES ENQUETE

PHASE PREPARATOIRETemps en jours

A <sub>1</sub>	Documentation préalable	21
A <sub>2</sub>	Prise contact services demandeurs (Temps latence nombreux)	45
A <sub>3</sub>	Examen terrain	7
A <sub>4</sub>	Détermination objectifs	7
A <sub>5</sub>	Liste provisoire variables étudiées	7
A <sub>6</sub>	Plan sondage	21
A <sub>7</sub>	Liste provisoire de tableaux	7
A <sub>8</sub>	Elaboration plan d'enquête (P.E.R.T. ; organigrammes)	7
A <sub>9</sub>	Moyens logistique	15
A <sub>10</sub>	Elaboration projet enquête pour accord	7
A <sub>11</sub>	Etablissement du Devis	7
	Temps de Latence                      Attente                      Accord	
P <sub>1</sub>	Mise en place organisme responsable - Brain Trust	15

BASE DE SONDAGE

B <sub>1</sub>	Etude tous documents existants permettant élaboration plan sondage	15
B <sub>2</sub>	Elaboration plan sondage	15
B <sub>3</sub>	Cartographie et découpage	15
B <sub>4</sub>	Réactualisation Base sondage	15
B <sub>5</sub>	Agencement Documents de base pour tirage échantillon	5
B <sub>6</sub>	Tirage de l'échantillon	8
B <sub>7</sub>	Localisation échantillon tiré	5
B <sub>8</sub>	Evaluation échantillon tiré	5

DOCUMENTS D'ENQUETE

Q <sub>1</sub>	Elaboration questionnaire	30
Q <sub>2</sub>	Dactylographie questionnaire	3
Q <sub>3</sub>	Reproduction questionnaire	3
Q <sub>4</sub>	Révision et rédaction questionnaire définitif	15
Q <sub>5</sub>	Graphisme questionnaire	15
Q <sub>6</sub>	Correction épreuves questionnaire	2



M <sub>1</sub>	Elaboration manuel d'enquête	15
M <sub>2</sub>	Dactylographie manuel provisoire	4
M <sub>3</sub>	Reproduction manuel	4
M <sub>4</sub>	Révision et rédaction définitive du manuel	8
M <sub>5</sub>	Dactylographie manuel définitif	5

D <sub>1</sub>	Elaboration des documents annexes (cartographie exclue)	2
D <sub>2</sub>	Dactylographie des documents annexes	1
D <sub>3</sub>	Reproduction documents annexes	1
D <sub>4</sub>	Révision et rédaction définitive des documents annexes (cartographie incluse)	4
D <sub>5</sub>	Graphisme des documents annexes	4

PERSONNEL D'ENQUETE ET D'EXPLOITATION VACATAIRE

P <sub>2</sub>	Recrutement contrôleurs	2
P <sub>3</sub>	Stage formation contrôleurs	10
P <sub>4</sub>	Recrutement enquêteurs	3
P <sub>5</sub>	Stage formation enquêteurs	8
P <sub>6</sub>	Recrutement chiffreurs	1
P <sub>7</sub>	Stage formation chiffreurs	3
P <sub>8</sub>	Debriefing enquêteurs et contrôleurs	4

TERRAIN

E <sub>1</sub>	Pré-enquête	8
E <sub>2</sub>	Etude résultat de la pré-enquête	3
E <sub>3</sub>	Enquête	60
E <sub>4</sub>	Contrôle des enquêteurs	60
E <sub>5</sub>	Vérification des questionnaires remplis	60
E <sub>6</sub>	Chiffrement	60

EXPLOITATION

T <sub>1</sub>	Phase préparatoire de l'exploitation	21
T <sub>2</sub>	Etablissement définitif du dossier d'analyse	30
T <sub>3</sub>	Analyse 1ère série tableaux	15
T <sub>4</sub>	Liste 2ème série tableaux	4
T <sub>5</sub>	Analyse 2ème série tableaux	30
O <sub>1</sub>	Programme exploitation + Test programme	60
O <sub>2</sub>	Saisie des données	30
O <sub>3</sub>	Sortie 1ère série tableaux	8
O <sub>4</sub>	Programme et sortie 2ème série de tableaux	8
R <sub>1</sub>	Rédaction rapport préliminaire	30
R <sub>2</sub>	Rédaction rapport définitif	180

IMPRIMERIE

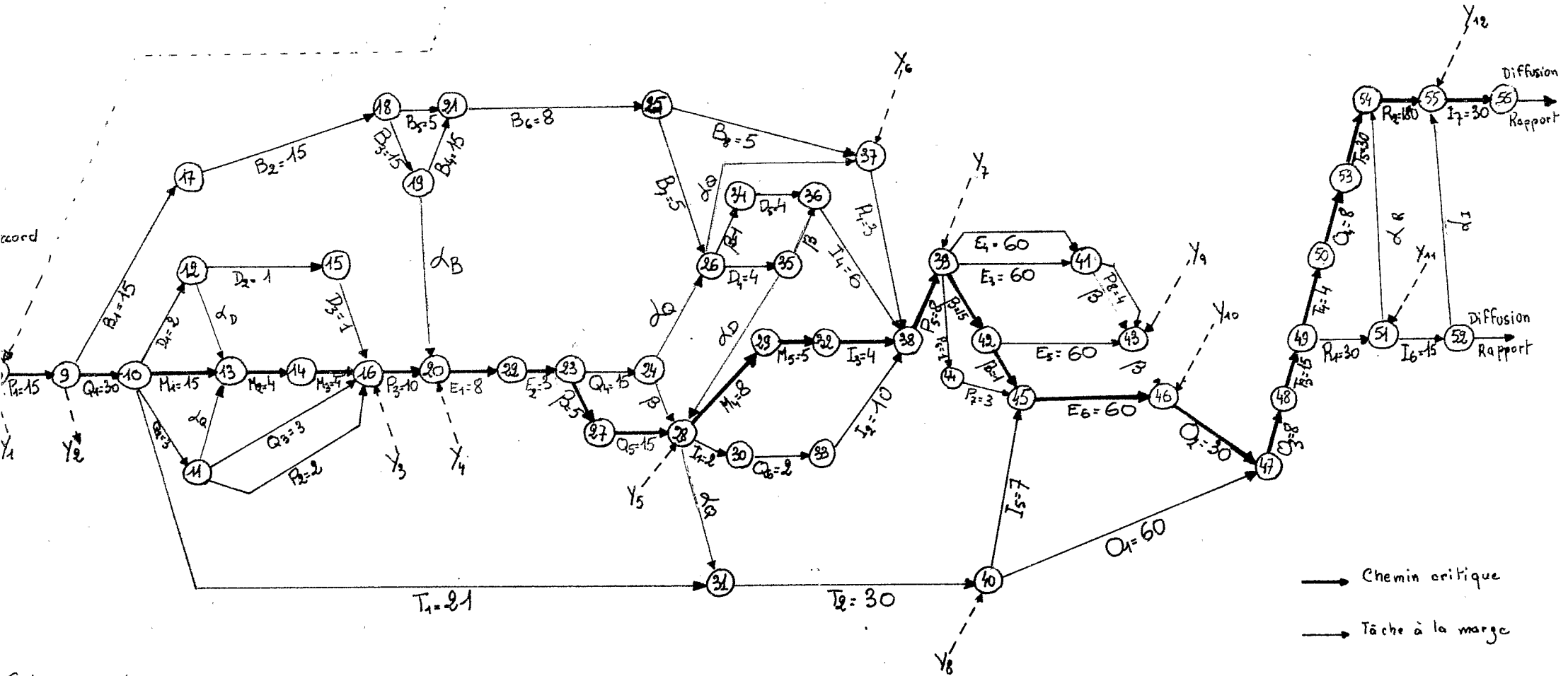
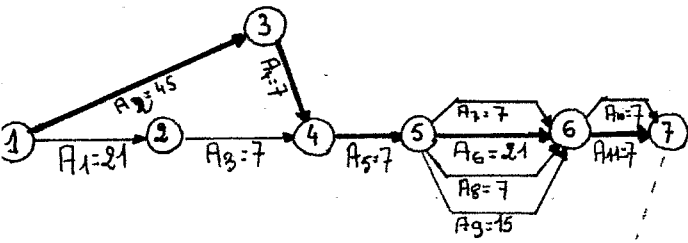
I <sub>1</sub>	Impression épreuve questionnaire	2
I <sub>2</sub>	Impression questionnaire	10
I <sub>3</sub>	Impression manuel	4
I <sub>4</sub>	Impression Documents annexes	6
I <sub>5</sub>	Impression codes et Grille chiffrement	7

I <sub>6</sub>	Impression rapport préliminaire	15
I <sub>7</sub>	Impression rapport définitif	30

LIAISONS DE GESTION

Y <sub>1</sub>	Accord budget - ouverture des comptes
Y <sub>2</sub>	Commande moyens logistiques
Y <sub>3</sub>	Crédit fonctionnement pour personnel vacataire
Y <sub>4</sub>	Location véhicules
Y <sub>5</sub>	Arrivée papier impression Q, M, D
Y <sub>6</sub>	Crédit fonctionnement pour personnel vacataire
Y <sub>7</sub>	Location véhicules
Y <sub>8</sub>	Arrivée papier grille de chiffrement
Y <sub>9</sub>	Solde paye personnel vacataire d'enquête
Y <sub>10</sub>	Solde paye personnel vacataire chiffrement
Y <sub>11</sub>	Arrivée papier pour rapport
Y <sub>12</sub>	Arrivée papier pour rapport définitif

# EXEMPLE de P.E.R.T d'une OPERATION DEMOGRAPHIQUE



———> Chemin critique  
 - - - -> Tâche à la marge

Calendrier liaisons de gestion

