

UN MODELE DE PLANIFICATION LINEAIRE POUR LES TRAVAUX ROUTIERS

G. DELL'ACQUA & R. LAMBERTI

Département de Ingegneri des Transports, Université de Naples, Italie
gdellacq@unina.it, rlambert@unina.it

RÉSUMÉ

Les travaux de construction du système routier peuvent être subdivisés en trois catégories principales: les nivellements, la pose des revêtements ou des dallages, et la création d'ouvrages.

Par le terme 'nivellements' on entend tous ces travaux qui ont la fonction de modifier la morphologie de la terre, soit que cela arrive à la surface (terrassements, deballement, revêtements), ou en profondeur (creusements de tranchées, puits et tunnels) ou sous la mer (ouvrages réalisées en travaillant permanente ment sous le niveau de la mer).La construction des revêtements ou des dallages consiste à mettre en ouvre des matériaux aux propertes normalisées grâce à des techniques complexes. La construction d'ouvrages de protection e de complètement, appelés aussi ouvrage d'art, correspond à un ensemble de travaux ayant comme but final la réalisation de bâtiments comme des murs de soutènement, des ponts, des viaducs, des sauts-de-mouton, des caniveaux, des bouches d'égout etc.

Le Linear Scheduling (LS), une méthode de planification des travaux particulièrement indiqué pour le planning des procès de construction des infrastructures linéaires, a été très apprécié dans le passé uniquement pour la clarté de ses représentations graphiques. Toutefois, contrairement aux techniques réticulaires, comme par exemple le Critical Path Method (CPM) et le Project Evaluation and Review Technique (PERT), les techniques du type LS n'ont jamais reçu le même niveau d'attention à cause de son manque d'algorithmes et de codes de calcul qui auraient pu en permettre un emploi répandu.

Le point d'appui des méthodes de planification fondées sur les techniques réticulaires est dans la possibilité de déterminer le parcours critique, c'est à dire la séquence de celles activités selon les quelles un changement éventuel de leur durées causerait la modification des temps d'achèvement du project tout entier.

Aujourd'hui, les nouvelles méthodes de planification linéaire peuvent être utilisées comme des instruments alternatifs aux plus fameuses techniques réticulaires car elles permettent de déterminer un ensemble d'activités critique. Une activité pseudo critique n'est qu'une activité partiellement ou totalement critique et donc le concept de parcours des activités pseudo critique devient simplement une extension de celui de parcours critique.

Le but de cette contribution est la présentation du Linear Scheduling Model (LSM), un des instruments les plus innovatifs dans le panorama des techniques de planning des travaux routiers et de ses possibles emplois dans la gestion des activités qui se déroulent normalement dans les chantiers.

MOTS CLÉS

PROJETER/ TRAVAUX/ LINÉAIRE/ LIGNE

1. INTRODUCTION

La littérature scientifique est riche de techniques de programmation des travaux de construction des oeuvres civiles qu'ils se différencient par représentation, systèmes d'analyse des activités et des relations logiques entre opérations différentes. La littérature scientifique est riche de techniques de programmation des travaux de construction des

oeuvres civiles qu'ils se différencient par représentation, systèmes d'analyse des activités et des relations logiques entre opérations différentes. Les méthodologies de planification des travaux les plus diffuses sont : les diagrammes à barre ou de Gantt, les techniques réticulaires, comme le Critical Path Method (CPM) et le Project Evaluation and Review Technique (PERT).

Les motifs principaux de le grand emploi de ceux-ci sont partiellement dues aux potentialités des autres méthodes.

Les techniques linéaires (LS) sont moins diffuses, néanmoins si opportunément supportées par spécifiques algorithmes pour l'identification des parcours «pseudo critiques », elles représentent, quand même, une efficace approche à la programmation des travaux dans certains secteurs spécifiques des constructions civiles.

L'efficacité de chaque méthodologie dépend évidemment des caractéristiques technologiques et du projet de l'oeuvre à planifier. Dans le tableau 1 ils sont énumérés les champs d'application de chaque technique. La planification linéaire, en particulier, donne excellents résultats par le traitement des ' oeuvres linéaires'(par exemple : routes et autoroutes), la réalisation de laquelle dérive d'un procès constructif, somme de peu d'activités très simples qu'elles se répètent presque sans solution de continuité dans le temps, long un parcours linéaire ; d'en face les techniques linéaires, à la différence de celles réticulaires ne sont pas de simple utilisation pour la planification des procès construction des ' oeuvres précises' (non linéaires ; ex : ponts, édifices pour des habitations civiles, etc.) composées par un élevé nombre d'opérations très complexes et non homogènes, c'est-à-dire non répétitifs dans le temps et dans l'espace.

Les techniques linéaires (LS) sont moins diffuses, néanmoins si opportunément supportées par spécifiques algorithmes pour l'identification des parcours «pseudo critiques », elles représentent, quand même, un efficace approche à la programmation des travaux dans certains secteurs spécifiques des constructions civiles.

L'efficacité de chaque méthodologie dépend évidemment des caractéristiques technologiques et du projet de l'oeuvre à planifier. Dans le tableau 1 ils sont énumérés les champs d'application de chaque technique. La planification linéaire, en particulier, donne excellents résultats par le traitement des ' oeuvres linéaires'(par exemple : routes et autoroutes), la réalisation de laquelle dérive d'un procès constructif, somme de peu d'activités très simples qu'elles se répètent presque sans solution de continuité dans le temps, long un parcours linéaire ; d'en face les techniques linéaires, à la différence de celles réticulaires ne sont pas de simple utilisation pour la planification des procès construction des ' oeuvres précises' (non linéaires ; ex : ponts, édifices pour des habitations civiles, etc.) composées par un élevé nombre d'opérations très complexes et non homogènes, c'est-à-dire non répétitifs dans le temps et dans l'espace.

2. LA PLANIFICATION LINEAIRE

La planification linéaire consiste dans la représentation graphique de l'activité sur un plan coordonné XY, dans le quel sur les abscisse sont indiqués les temps et sur les ordonnées la localisation des travaux (progressive de l'origine du lot). Les activités linéaires sont représentées par un segment de ligne droite la quelle inclination quantifie la productivité marginale de l'activité même, chaque point du diagramme est, donc, l'avancement spatial et temporel des travaux (Harmelink, Rowings, 1998).

En figure 1 il est représenté, comme illustration par des exemples, le simple cas (Ioannou, Martinez, 1998) de la réalisation de la disposition d'une plate-forme d'untorçon de route longue 3,5 km à terminer en environ 68 jours. Les travaux ont été subdivisés en 7 activités bases.

Table1 - Liste des activités

	Activité'	DURE (JOURS)	DEBUT	FIN	Productivité' (MT/JOURS)
A	Débayer et creuser	15	0	15	233,3
B	enlever la saleté	15,5	9,5	25	225,8
C	placer un sus-base	15,5	20,5	36	225,8
D	daller	16,7	31,1	47,9	209
E	réparer le pallage	11	47,9	58,9	318,2
F	placer les bords	5	58,9	63,9	700
G	placer le garde-fou	4	63,9	67,9	875

De la figure 2 on y peut comprendre l'extrême facilité et l'immédiate lisibilité de la représentation de facile gestion et d'ajournement même en cours d'oeuvre

2.1. Procès constructifs linéaires

Un procès constructif c'est linéaire si la grande partie des activités sont linéaires. En général les opérations de constructions d'une route peuvent être 'linéaires', 'à blocs' et 'à barre' (figure 3).

Les activités linéaires on les peut caractériser alternativement comme :

- Continues (L1), si la réalisation regarde pour entier et sans solution de continuité le développement du chantier (ex : la mise en oeuvre du pavage)
- Intermittentes (L2) si la réalisation interesse, sans solution de continuité, seulement une partie de l'oeuvre (ex. : mouvement de sol).
- Continues partielles (L3) si la réalisation intéresse, sans solution de continuité, seulement une partie del'oeuvre (ex : mouvement de sol)
- Intermittentes partial's (L4), si la réalisation intéresse, par moments, une partie de l'oeuvre (ex. La réalisation des oeuvres d'arrangement hydraulique)

Les activités à blocs et à barres on les peut caractériser comme :

- Bloc (B1) si la réalisation intéresse, pendant le même intervalle temporel, l'entière réalisation de l'oeuvre (ex : mise en oeuvre de la signalisation provisoire de chantier, etc.) ;
- Bloc partiel (B2) si la réalisation intéresse pendant le même temps toutes les sections d'une part limitée de l'oeuvre (ex : construction des ponts, viaducs, etc.) ;
- Barre (b) s'il s'agit d'activités élémentaires qu'elles on peut placer dans un déterminé et limité période temporel du programme (ex : la réalisation d'un passage inférieur).

Une activité elle se dit pseudo critique si elle est entièrement ou partiellement critique. La succession des parts critiques (segments) des activités qu'elles couvrent l'entier procès constructif il est dit parcours pseudo critique.

L'algorithme pour l'indentification du parcours pseudo critique il se développe en trois phases : a) identification des séquences d'activité b) phase ascendante c) phase descendante.

a) Séquence des activités.

La phase porte à la définition de la liste des séquences, elle identifie toutes les possibles relations logiques entre les activités qu'elles composent le procès constructif.

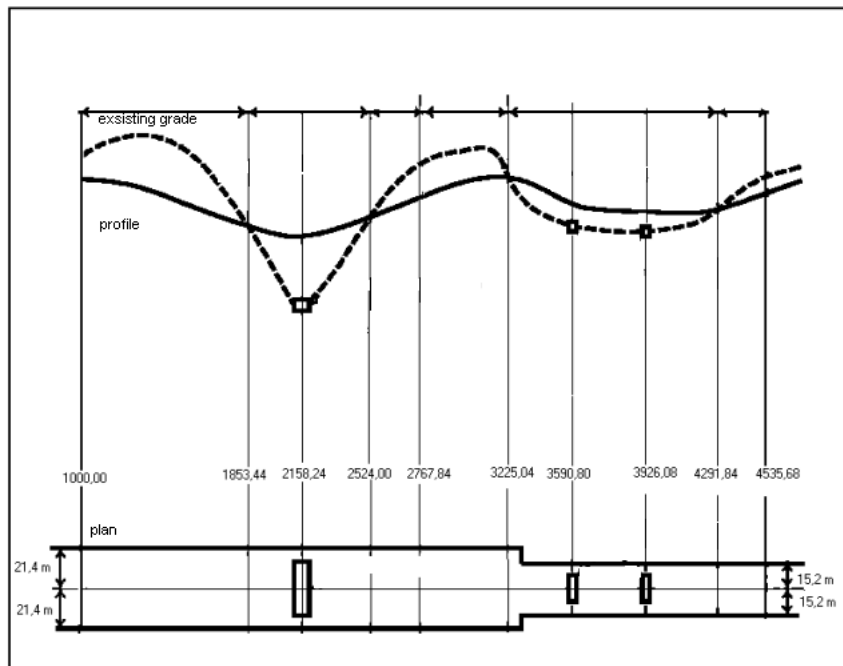


Figure1 - Planimétrie et profil du corp routier

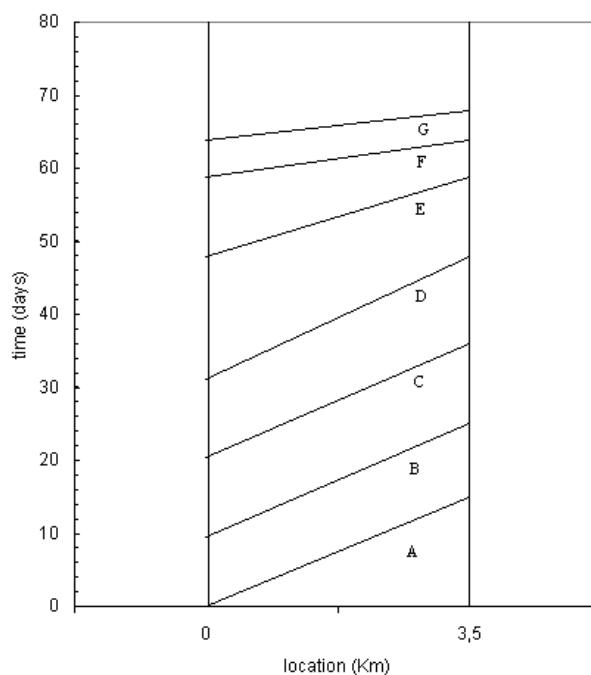


Figure 2 - Programme des travaux

Dans l'exemple de la figure 3 il est rapporté le programme des travaux de construction d'un tronçon routier constitué par quatre activités, type linéaires (L1, L2, L3 et L4), par deux du type bloc (B1 et B2) et par une du type à barre (b).

La liste des séquences c'est la liste de toutes les possibles successions complètes des activités consécutivement ordonnées selon la logique d'exécution, de l'ouverture à la clôture des travaux (Harris, Ioannou, 1998).

Remarquez que toutes les séquences s'innervent sur la succession des activités linéaires continues (ouverture travaux : A, D, G, clôture travaux); et elles respectent le lien positionné en correspondance des différents emplacements (rendus graphiquement dans la figure 2 des lignes verticales 1- :5) ; les successions représentées sont :

1. Ouverture travaux-B1-L2- L4-L1- cloture travaux

2. Ouverture travaux-B1-L2-B2-L4-L1- cloture travaux
3. Ouverture travaux –B1-L2-B2-L3- L4-L1-cloture travaux
4. Ouverture travaux-B1-L2-b-L3-L1-cloture travaux
5. Ouverture travaux-B1-L2-L3-L1-cloture travaux

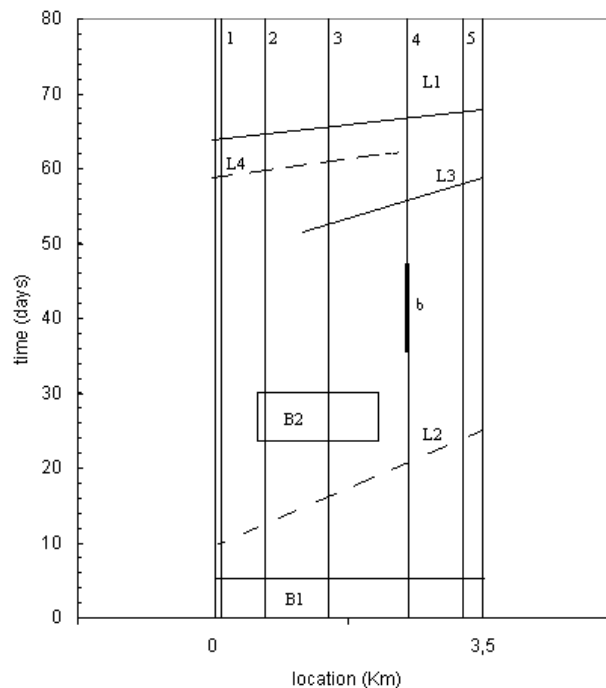


Figure 3 - Typologie des activités et séquences logiques

b) Phase ascendente.

L'analyse du plan des travaux se développe dans le vers des temps (ordonnés) croissants ; la phase est finalisée à l'identification de celle particulière succession constituée par activités linéaires contigues et disjointes du moindre intervalle de temps. La première activité est celle qui a commencement en correspondance de l'origine des axes et elle est dite activité 'origine' tandis que la suivante est dite 'cible' (figure 4).

Pour décrire la relation entre les deux on y doit déterminer les trois éléments suivants :

- Le moindre intervalle temporel entre deux activités fonctionnellement connues (en définissant comme telles les activités connectables avec une ligne verticale, dans le plan espace/temps, qu'il ne doit pas couper des autres) ; le moindre intervalle temporel est toujours placé en correspondance de points de discontinuité angulaire d'une de deux activités ; en cas de blocs partiels la connexion se place en correspondance d'un des sommets du bloc même ;
- La superposition temporelle ou l'intervalle de temps en quel deux activités connues par un moindre intervalle temporel sont contextuellement en déroulement.
- La moindre distance entre deux activités fonctionnellement connues (donc séparées par un intervalle temporel spécifique minimal), néanmoins en contemporaine développement pendant un limité arc temporel.

En figure 3 ils sont mises en évidence les segments représentatifs du moindre intervalle (dans l'exemple de la table 1 égal à 9,5 jours) et de la moindre distance (dans l'exemple de la table 1 égal à 2,3 Km) ainsi que la bande de superposition temporelle (dans l'exemple de la table 1 égal à 5 jours). Le segment qui lie la première activité 'origine' dans le parcours ascendant au 'cible' il est un potentiel, dit connexion entre segments pseudo critiques.

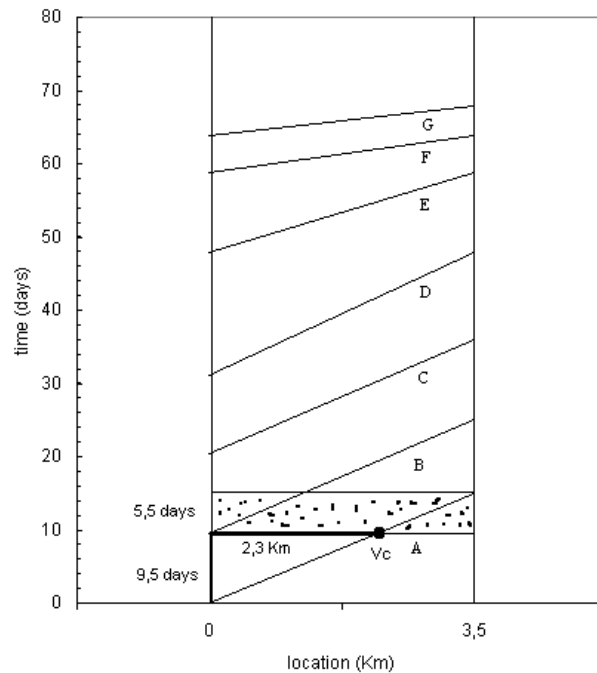


Figure 4 - Phase ascendante

Le point d'intersection entre la droite de support de la moindre distance et l'activité origine il est dit 'sommet critique' (figure 4). Le segment représentatif de la première activité qui relie l'origine des axes avec le sommet critique, il est un potentiel segment contrôlant : par conséquent la moindre distance est une potentielle connexion contrôlant. La confirmation de effective fonction contrôlant du segment doit naître de la suivante phase descendante. Le procédé doit être ensuite répété en assumant la première activité cible comme nouvelle origine et évaluant superpositions temporelles et les moindres distances spatiales et temporelles entre les activités suivantes.

Le parcours ascendant se termine (figure 5) avec l'identification des tous les potentiels segments et connexions contrôlant.

c) Phase descendante.

Le but du parcours descendant (avec origine en correspondance du point final de la dernière activité du projet en figure 6) c'est la détermination des segments qu'ils sont réellement contrôlant. La planification linéaire en cette phase permet d'identifier les segments (part d'activité) le taux de productivité ne peut pas être changé sans modifier la durée de l'entier procès constructif. Les activités qui ne font pas part du parcours pseudo critique elles peuvent être, au contraire, exécutée aussi à un taux réduit par rapport à celui planifié sans influencer (dans déterminantes limites du reste quantifiables) sur la date de clôture des travaux. Le parcours descendant des activités contrôlant, dans l'exemple, poursuive selon l'opération F jusqu'à l'intersection avec la connexion entre celle-ci et l'activité E (ex. figure 6). Les segments représentés à trait continu constituent la partie critique de chaque activité et les connexions critiques entre celles-ci.

Le procédé doit être répété pour que l'entier parcours pseudo critique puisse être reconnu. Au cas où l'ouverture d'une activité devrait précéder la connexion potentielle entre celle-ci et l'activité antécédente la connexion critique sera constituée par le segment horizontal compris entre le point initial de l'activité même et l'activité antécédente.

La phase descendante se termine quand l'entier parcours pseudo critique a été reconnu ; il est constitué par une activité entièrement ou seulement en partie critique pour celles-ci

les sommets critiques constituent la localisation spatiale et temporelle de la transition de non contrôlant à contrôlant.

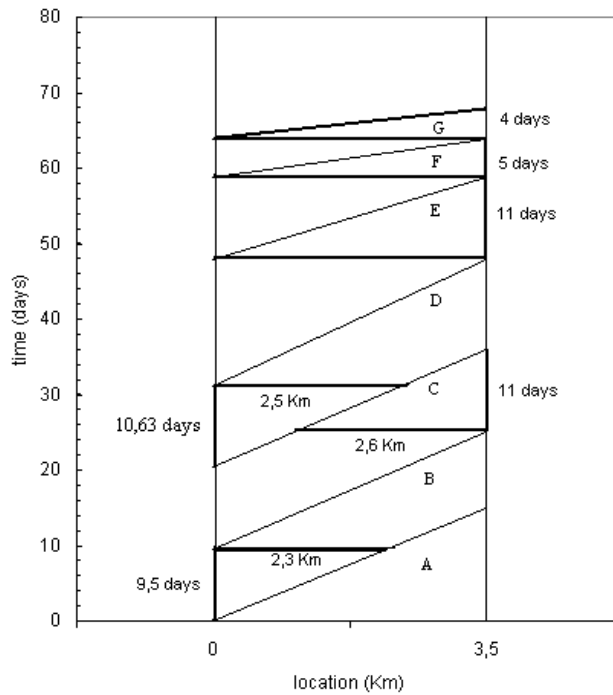


Figure 5 - Phase ascendante

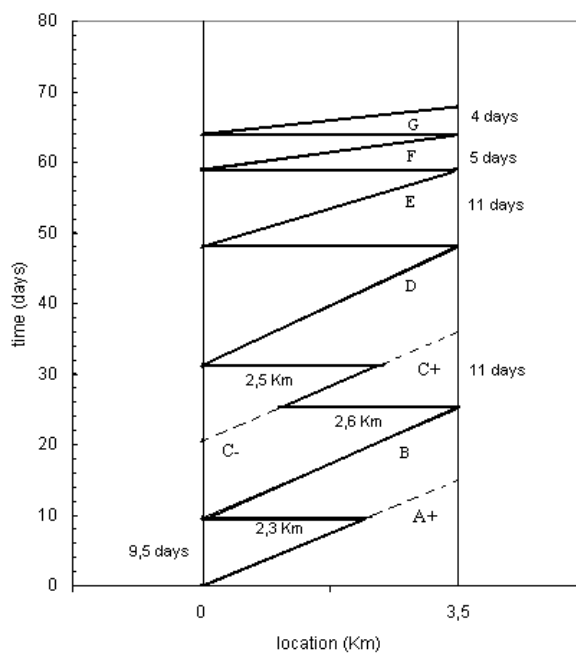


Figure 6-Phase descendante

La présence d'activités non linéaires continues (linéaires partielles et/ou intermittentes, à blocs, à barres) modifie le parcours pseudo critique. Par exemple une activité du type 'à bloc' peut s'insérer dans le parcours pseudo critique pour toute sa longueur; les connexions correspondantes sont les segments qu'ils relient les sommets du bloc rectangulaire à abscisse plus grande avec les deux activités linéaires continues plus voisines.

2.2. Contrôle des travaux.

La pente de chaque segment, dans le plan référence espace/temps, représente la productivité des activités linéaires ; la constance de ce grader le long de l'entier développement de l'activité c'est un engagement purement théorique qui, en principe, ne répond en rien à la réalité. Également théorique c'est l'éventualité représentée par l'exécution, en succession, des différences opérations sans solution de continuité spatiale et temporelle. En réalité c'est toujours nécessaire introduire des 'marges' entre activités contiguës pour nombreuses exigences d'organisation du chantier et/ou de sécurité du travail.

L'algorithme pour l'identification du parcours pseudo critique permet d'identifier les parties (limitées dans le temps et l'espace) critiques et non critiques des activités (à différence du CPM qui prévoit seulement activités entièrement critiques ou non critiques) ; pour convention chaque parties non critiques d'activités dont elles font part et avec un signe '-' (négatif) au cas où cette dernière ne soit que initialement critique, mais elle le devient en parcours, et vice versa avec un signe '+' (positif) au cas où celle-ci, même si elle soit critique en départ, perd en cours des travaux le caractère de criticité (respectivement C-, C+, et A+ en figure 6) La productivité moyenne des activités (ou de partie de celles-ci) non critiques peut être réduite, entre certaines limites, sans du reste, différer la date de clôture des travaux. L'analyse initiale et en cours d'oeuvre, du programme permet de quantifier exactement telles limites d'avancement, en constance de la durée de l'entier projet.

L'identification des segments des activités non critiques permet de quantifier les possibles réductions de la productivité de chacun d'eux. L'espacement temporel minimal entre deux activités consécutives c'est, comme chacun sait, le moindre intervalle temporel qu'il sépare, en l'absence de conflits réciproques et de conditionnements de l'entier processus constructif, les activités même. L'espacement minimal constitue, donc, le lien à la réduction de la productivité de chaque segment non critique (Harmelink, 2000).

Par exemple on se considère le segment C+, en figure 7, la productivité de celui-ci, égal à la productivité moyenne de l'activité C ou 225,8 mt/jours peut être réduite entre et non au-delà de la limite de 163,4 mt/jours, représenté graphiquement par la pente du segment C'+ ; une réduction ultérieure de la productivité serait en effet incompatible avec le lien imposé par l'espacement temporel minimal de 10,6 jours entre les activités consécutives C et D. Également la productivité du segment A+ peut être réduite de 233,3 mt/jours (A'+) à 200 mt/jours (A'+). La différence entre la productivité programmée et la productivité minimale admissible elle dite décalage de l'activité.

La date de clôture peut être différée, entre certaines limites, sans aucune conséquence sur les temps d'achèvement de l'oeuvre en diminuant la productivité de la seule partie non critique de l'activité même ; néanmoins le retard d'une activité réduit les éloignements temporels entre les activités et limite le range de variation de la productivité des activités mêmes. L'identification du champs de variation de les productives strictement liées à la détermination du parcours des activités critiques, c'est fondamental pour la direction du chantier qu'il peut redéfinir, par son entreprise, l'allocation des ressources en cours d'oeuvre.

3. TECHNIQUES LINEAIRES OU RETICULIERES.

La comparaison entre techniques linéaires et réticulaires dépend de la choix d'un group d'attributs utiles à la définition des propriétés de base que les techniques mêmes doivent satisfaire. Celles propriétés peuvent être de validité générale et/ou relatives à la typologie spécifique d'oeuvre à réaliser. Les différences plus marquées dépendent de l'examen des

potentialités et de la simplicité d'emploi de tout les deux les techniques en procès constructifs différents.

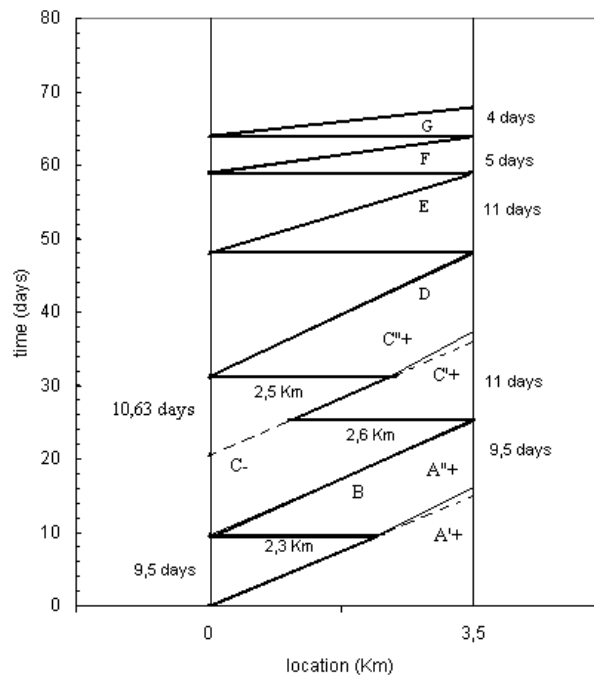


Figure7- Phase descendant

Dans la table 2 c'est donnée la synthèse de la comparaison des résultats de l'application, d'une méthode réticulaire (CPM) et d'une linéaire (LS) à deux cas réels : la construction de la superstructure de la précédente ment analyse (en figure1) et la réalisation d'un ponts à ciment armé (Yamìn, Harmelink, 2001). Les oeuvres choisies sont représentatives de deux typologies constructives différentes, la première c'est une oeuvre de type linéaire et continue, la deuxième, au contraire, de type discret et discontinue.

La construction du ponts ont été considéré, pour simplifier le traité, seulement les principales activités qu'ils composent le procès de construction du ponts en faisant des hypothèses du reste une distribution des ressources stationnaires en cours des travaux.

En suite est reporté la liste des activités.

- A. Construction de la fondation nord : fouille, réalisation de la coffrage et coulage du béton ;
- B. Construction de la fondation sud : fouille, réalisation de la corrage et coulage du béton,
- C. Construction de l'épaule nord : mise en oeuvre et assemblage des échafaudages, réalisation de la coffrage et coulage du béton
- D. Construction de l'épaule sud : mise en oeuvre et assemblage des échafaudages, réalisation de la coffrage et coulage du béton ;
- E. Lancement du longeron est in C.A.P. (longueur 20 m) couvre l'entière lumière du ponts de l'épaule nord à celle sud ;
- F. Lancement du longeron ouest in C.A.P. ;
- G. Montage de kla dalle en CAP (chaque panneau de dalle est positionné entre le deux dalles lancées dans les phases précédente ment).
- H. Mise en oeuvre de le pavage.

Table 2 - Comparaison entre techniques linéaires et réticulaires

ATTRIBUT DIMENSION	TECHNIQUES RÉTICULAIRES	TECHNIQUES LINÉAIRES
Utilité dans la réduction de l'incertitude/risque	Bien que la planification CPM prévoie durées fixes des activités, peut être facilement supporté par le PERT avec techniques stochastique. Cette caractéristique permet aux auteurs des projets de se faire une idée meilleure concernant le temps et les risques du programme	Il n'existe aucune méthode formaliste jusqu'à aujourd'hui qu'il puisse permettre à la méthode LS de déterminer les incertitudes connaittes aux temps de complètement
Utilité dans l'augmentation de la production et dans les opérations de caractère économique	Avec l'extension de techniques de nivellement/allocation des ressource, la planification avec le CPM peut améliorer les temps de complètement du projet et des coûts en intervenant (adjonction et déplacement des ressources) certaines limitation ont été identifiées dans la planification d'activités, finalisées à la réalisation d'oeuvres continues pour les difficultés en le garantir la continuité dans l'utilisation des équipe d'ouvriers	Limitées possibilités d'améliorer la production avec le changement des ressources, simplicité dans la planification des constructions linéaires, amélioration du coordonement et de la productivité
Utilité pour parvenir à une meilleure compréhension des objectifs	Dans les procès constructifs complexes le réseau du CPM peut être contourné. Cette complexité rend les projet de difficile compréhension et communication	LS est très simple à comprendre employer à tout niveau de la réalisation du projet.
Précision des calculs	Le CPM support la direction des travaux dans le calcul des temps dont ils devraient être complétés le projet et avec le PERT l'évaluation statistique de ce procès. C'est difficile déterminer et représenter les limitations spatiales si elles existent	La computation des dimensions espace/temps peuvent être facilement développées. Ça c'est le grand avantage de la méthode LS par rapport à le CPM dans la planification de constructions linéaires. Cette potentialité permet à la direction des travaux de planifier les activité soit dans le temps que dans l'espace.
Parcours critique	C'est la principale caractéristique du CPM qu'elle peut être rendue très facilement	L'algorithme du modale LS détermine analytiquement le parcours des activités contrôlant qu'il est équivalent au parcours critique avec la propriété adjonctive de la localisation des critiques
Facilité d'emploi	La diffuse informatisation a rendu la méthode très simple à employer. De toute façon l'usager a besoin d'une quantité considérable d'exercices dans le but de produire information valide pour les buts des activités de contrôle	Très intuitif et facile à comprendre. Il peut être employé dans tous les niveaux de l'enterprise (direction, chefset ouvriers) les carences dans l'informatisation le rendent de difficile emploi dans les grands constructions
Facilité d'ajournement	La méthode peut être de facile ajournement une que s'ont été fait certaines ajournements deviens difficile à lire. Les programmes ajournés usuellement présentent durées de fin travaux plus grandes de celles précédentes l'ajournement.	Ajourner le modale LS c'est simple. Les programmes linéaires peuvent être employés comme documents delà construction pour la demande de indemnisations ou pour les banques a donnés historiques de la productivité.

Les techniques réticulaires et linéaires donnent, généralement bonnes représentations du plan des travaux et des interrelations entre les différentes opérations. Néanmoins, pour les activités qu'elles se développent en même temps dans la même localité, la représentation du type LD représente plutôt brouillon. En effet comme en y comprend de l'exemple en figure 8, l'activité de mise en oeuvre de la dalle du ponts elle se superpose à celle du lancement de la dalle ouest.

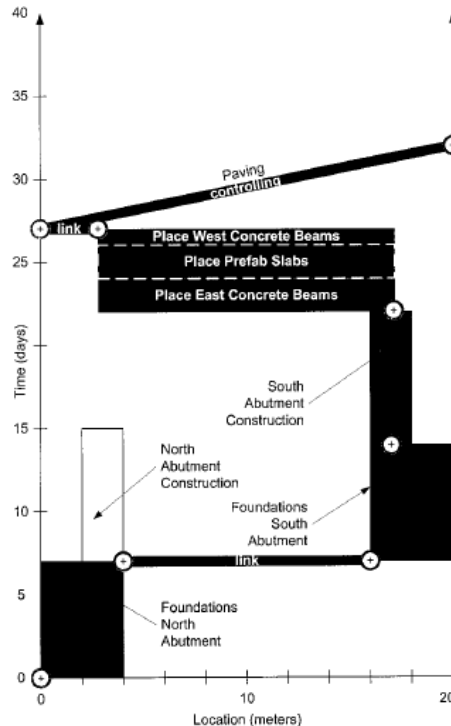


Figure 8 – Modèle de ponts en béton

L'algorithme pour la recherche du parcours critique il accepte pas superposiypns entre activités différentes et il considère cette éventualité comme un conflit interne au programme de travail. En cas de la construction du pont en c.a. toutes les activités, à l'exclusion de la mise en oeuvre de le pavage elles se développent en intéressant dans le même intervalle temporel l'entier développement de l'oeuvre ou partie d'elle. Cestes opérations doivent être nécessairement schématisées comme activités du type à 'bloc' qu'elles réduisent, si numériquement prévalents en comparaison à celles linéaires, les avantages offert de la programmation linéaire même. Les techniques linéaires et réticulaires peuvent être supportés par des algorithmes qu'ils portent à l'identification des activités critiques qu'ils contrôlent, comme chacun sait, la durée globale des travaux et des activités non critiques qu'elles, au contraire, peuvent être retardée, entre des limites bien déterminées, sans, du reste, influencer sur la durée globale du procès constructif. On y peut comprendre de l'exemple que la date de clôture de l'opération non critique de 'construction de l'épaule nord' peut être différée jusqu'à quand ne soit pas terminer la 'construction de l'épaule sud' sans que ça ne pro que aucun retard sur la date de clôture de l'entier procès constructif. La productivité des activites non critiques peut être modifiée en subdivisant les ressources disponibles différemment de ce qu'il avit été pré vu en phase de planification préliminaire des travaux. La subdivision des ressources doit être dirigée avec l'emploi de algorithmes les quels résultats peuvent être opportunément représentés avec le support de diagrammes en baton. Le diagramme supporte la direction du chantier pour que celle-ci peut décider de redis poser les ressources pour corrige, en mise en oeuvre, modalité et temps d'exécution des différentes oeuvres à réaliser en anticipant ou retardant la date de clôture de chaque activités. Néanmoins pour les techniques de type LS à la différence de celles réticulaires, ils n'existe pas particulaires algorithmes de perfectionnement des

ressources (selon la littérature scientifique) suffisamment évolués à pouvoir être utilement employé dans la pratique technique.

Les phases d'ajournement du plan des travaux, dans les techniques réticulaires et linéaires, sont au fond analogues mais la restitution graphique qu'elle support les techniques linéaires facilite la comparaison entre les programmes originaires et ceux modifiés en cours d'oeuvre.

4. CONCLUSIONS

Les méthodologies actuellement à dispositions et en usage à le but (techniques réticulaires PERT et CPM) d'une part elles postulent la décomposition minutieuse des activités de réalisation, d'autre part elles ne permettent pas une facile révision du plan des travaux en cours de l'organisation du chantier ainsi que en cours d'oeuvre. Structurellement, de plus, elles se prêtent à un emploi efficace pour les oeuvres composées d'une multiplicité d'activités élémentaires différenciées, tandis qu'elles trompent en faute dans la programmation de chantiers avec peu de macro-activités (tel quels sont, en principe, ceux pour la construction des routes et autoroutes). D'en phase, dans la programmation des travaux de construction d'oeuvres ponctuel les techniques linéaires ne garantissent pas résultats satisfaisants puisque pour cette typologies d'oeuvres ce n'est pas possible de mettre à profitables principales potentialités des techniques du type LS qu'elles consistent dans la possibilité de contrôler l'état d'avancement spatial.

L'approche, décidément prometteur, demande le suivant développement des codes de calcul dédiés et spécifiques algorithmes pour l'allocation des ressources qu'elles permettent la gestion de cas réels, de n'importe quelle complexité et dimension, donnant aussi des éléments pour l'optimisation du procès constructif. Néanmoins les développements de la recherche devront être finalisées à la résolution de certaines troubles qu'ils émergent dans le traitement des activités non linéaires et en particulier des activités à bloc.

REFERENCES

- Harmelink D. J., Rowings J. E. (1998) Linear scheduling model: Development of controlling activity path. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 124(4), 263-268;
- Harris R. B., Ioannou P. G. (1998) Scheduling projects with repeating activities, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 124(4), 269-278;
- Mattila, K. G., Abraham D. M. (1998) Resource Leveling of linear schedules using integer linear programming. *Journal of construction Engineering and Management*, ASCE, 124(3), 232-244;
- Harmelink, D. J. (2000) Linear scheduling model: Float Characteristics. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 127(4), 263-268;
- Ioannou P. G. Martinez J: C. (1998) Project scheduling using state-based probabilistic decision networks. *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, D.J. Medeiros, E.F. Watson, J. S. Carson, and M.S. Manivannan, eds.;
- Yamín R. A. Harmelink D. J. (2001) Comparison of Linear scheduling model (LSM) and Critical Path Method (CPM). *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 128(5), 374-381.