

## TP N° 47

# Ordonnancement robuste

L'objet de ce TP est de montrer l'intérêt de simuler et d'optimiser un ordonnancement dans le cadre d'une analyse de risques « projet ».

Il s'appuie sur les fonctionnalités du logiciel CABPLAN.

----

Une entreprise désire mener parallèlement trois projets de développement dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tâches		Contraintes		Durées (jours)			Coût journalier
N°	Intitulé	Antériorité	Ressource	Projet 1	Projet 2	Projet 3	
1	Définition préliminaire			200	100	150	0,2
2	Mécanique	1	1	150	80	130	0,3
3	Electronique	1	2	70	120	200	0,3
4	Logiciel	1	2	130	150	90	0,25
5	Essai mécanique	2	1	30	40	50	2
6	Intégration	3, 4, 5		25	75	55	0,5
7	Essai de qualification	6	1	20	40	30	5
Coût d'approvisionnement à l'intégration :				70	90	100	Intérêt
Gain à échéance :				600	700	650	5 %

Les tâches sont contraintes par des relations de précédence et les ressources, constituées des équipes de développements et des moyens d'essais, par le nombre de projets pouvant être traités simultanément.

**1 – Optimisation :** Etablir l'ordonnancement optimal des 3 projets qui maximise le revenu à échéance ramené à T0 par le taux d'intérêt.

**2 – Simulation :** Fournir les distributions statistiques de la date et du revenu à échéance, sachant qu'une analyse de risques « projet » a conclu que les durées des développements pouvaient varier de -10% à + 10 % pour la mécanique du projet 1, de - 5 % à + 15 % pour l'électronique du projet 2 et de -10% à + 20 % pour le logiciel du projet 3.

**3 – Couplage Optimisation / Simulation :** Proposer un ordonnancement robuste aux aléas.

## 1 – Optimisation :

L'ensemble des données relatives aux 3 projets a été saisi dans une feuille de l'outil CABPLAN (en bleu en figure 2).

L'optimisation du PERT selon le critère du maximum de revenu à échéance conduit à l'ordonnancement suivant qui respecte l'ensemble des contraintes :

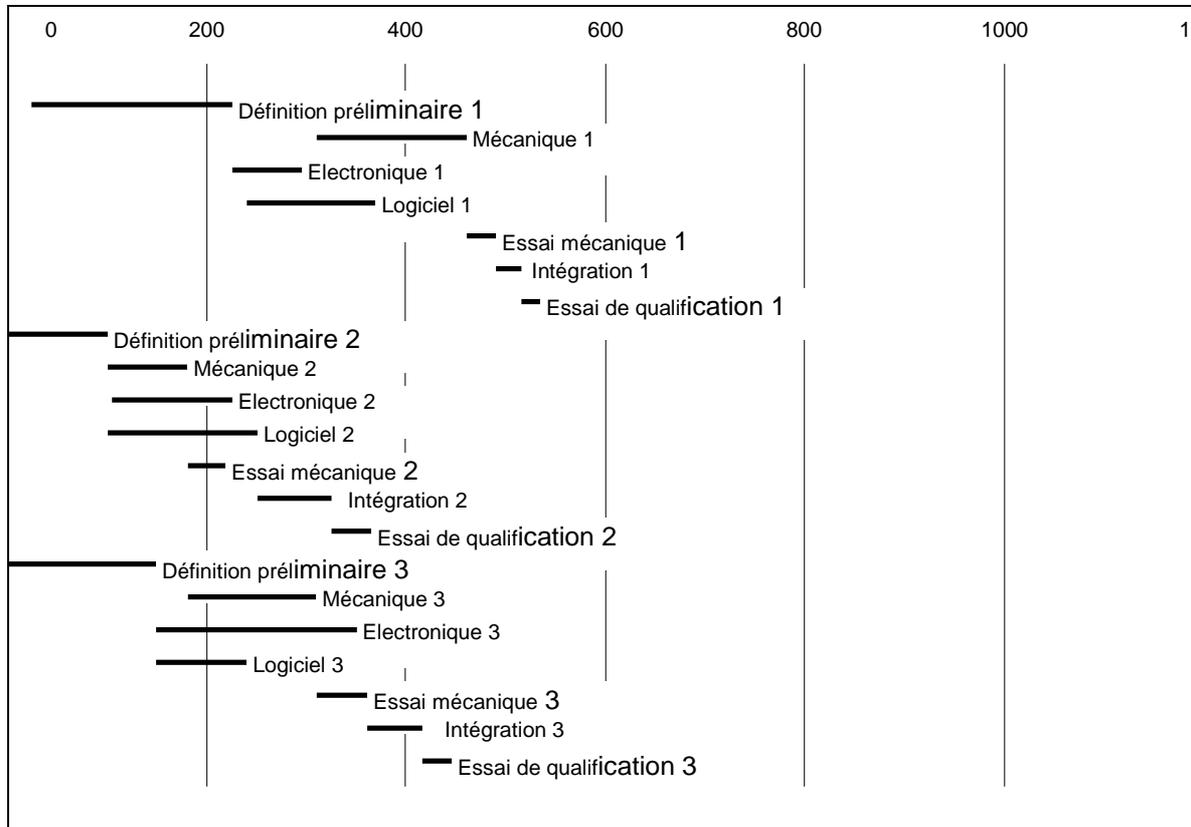


Figure 1 : PERT optimisé

**Remarque :** Les tâches de définition préliminaire ont été choisies « au plus tard » et celles d'essai mécanique, d'intégration et d'essai de qualification ont été choisies « au plus tôt » (avancement maximal des gains) afin de limiter le nombre de paramètres à optimiser (9 au lieu de 21 dates de début de tâches) et d'accélérer, par là même, la convergence.

## 2 - Simulation :

Les durées de tâches soumises à aléa peuvent se modéliser par des distributions triangulaires caractérisées chacune par une valeur probable située entre une valeur min et une valeur max).

Mécanique 1 :	min = 135 (-10%)	Probable = 150	max = 165 (+10%)
Electronique 2 :	min = 114 (-5%)	Probable = 120	max = 138 (+15%)
Logiciel 3 :	min = 81 (-10%)	Probable = 90	max = 108 (+20%)



La simulation diagramme PERT permet de caractériser la distribution du revenu à échéance et celle de la date de fin des 3 projets dont les variations sont très faibles dans cet exemple (après 5000 simulations de Monte-Carlo).

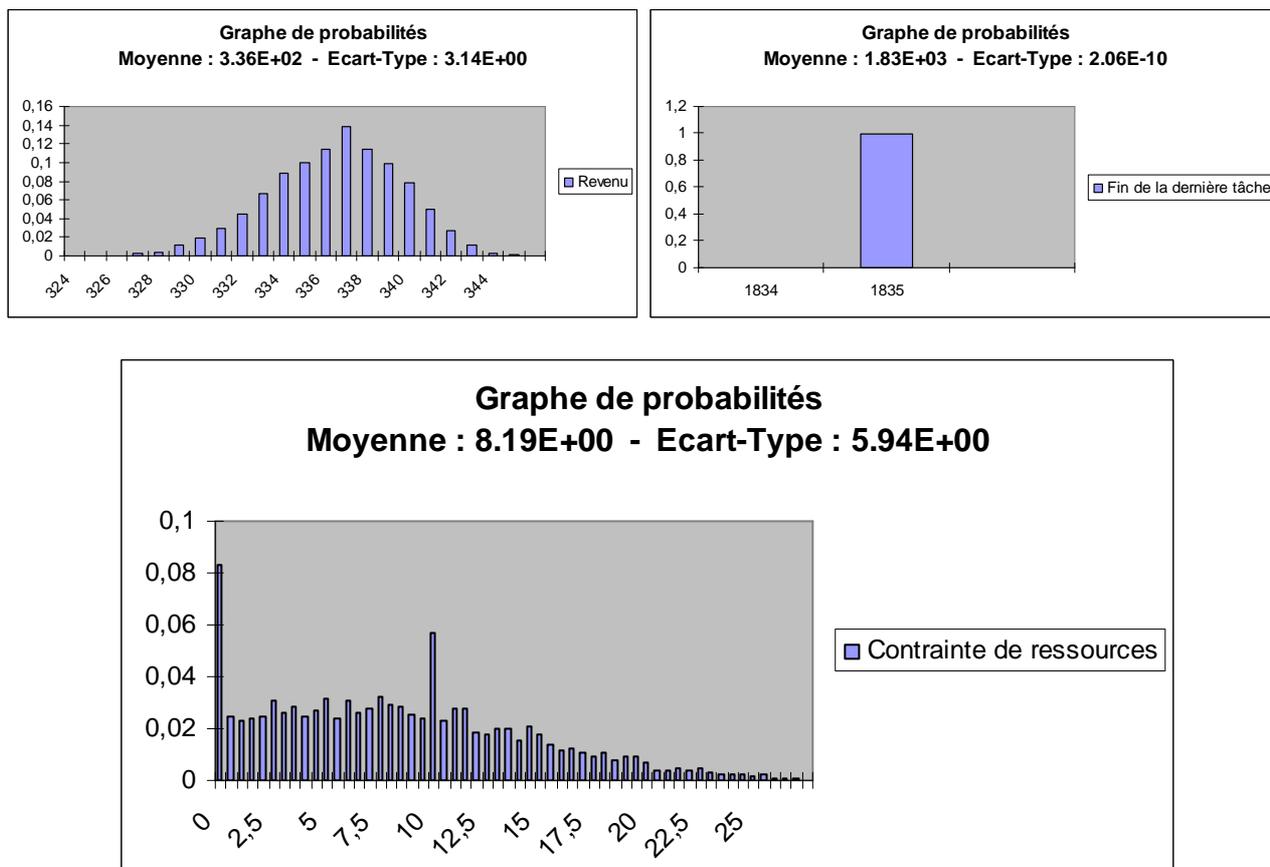


Figure 3 : Simulation du diagramme PERT

Elle permet également de montrer que les contraintes de ressource ne seront pas toujours satisfaites, ce qui engendrera dans la majorité des cas un retard additionnel (28 jours au maximum sur la date de la dernière tâche avec les surcouts correspondant), ou une utilisation anormale des ressources concernées.

### 3 – Couplage Optimisation / Simulation :

L'outil CABPLAN permet d'optimiser le PERT à partir des résultats de simulation. L'ordonnancement obtenu est alors robuste aux aléas préalablement identifiés mais également plus margé (figure 4, 5 et 6).

**Remarque :** Il est également possible d'optimiser le PERT en ligne, à l'occurrence d'un risque prévu ou non prévu, en considérant des données déterministes ou aléatoires.

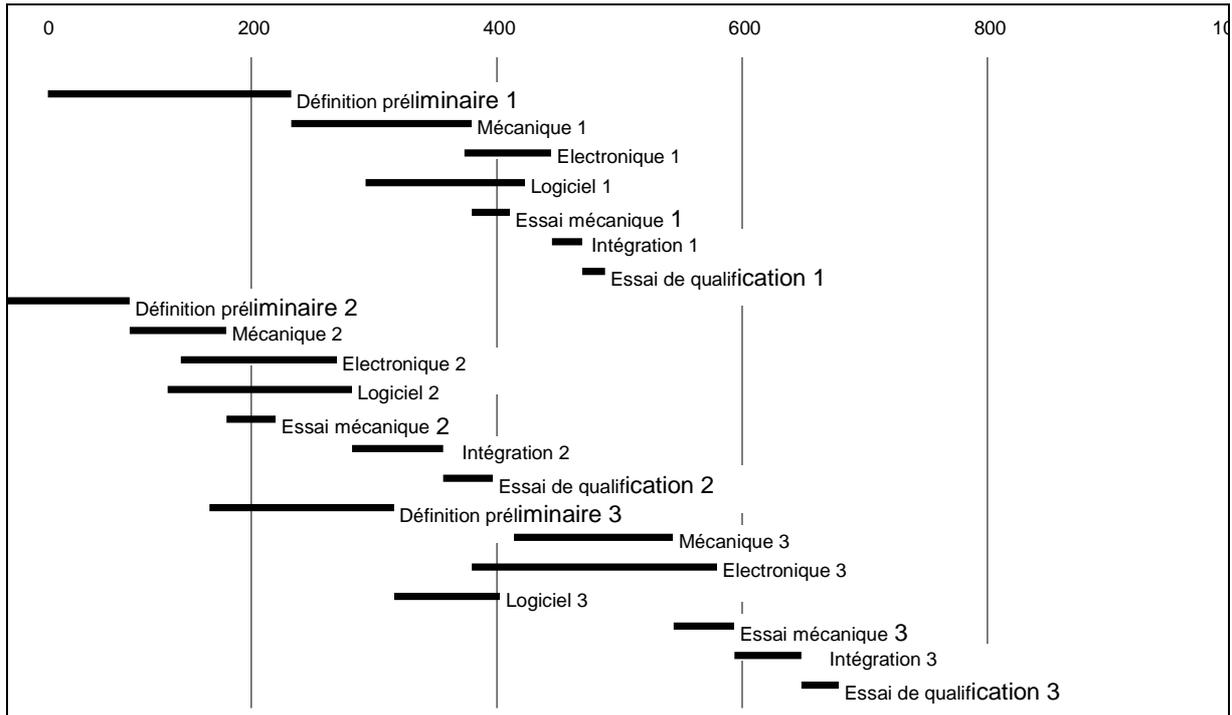


Figure 4 : Ordonnancement robuste

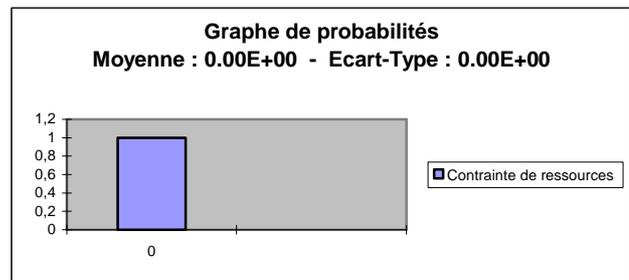
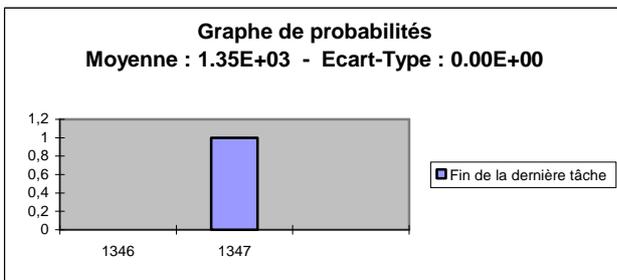
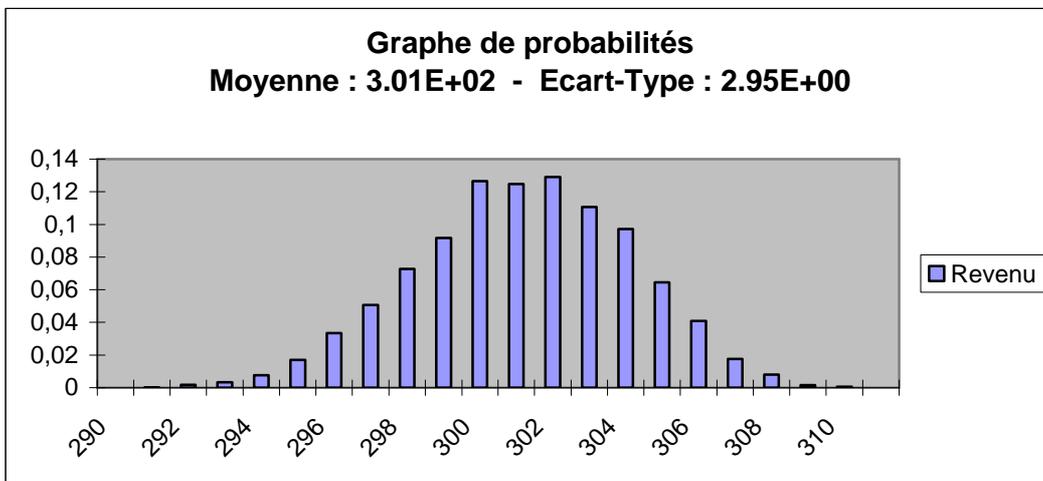


Figure 5 : Simulation de l'ordonnancement robuste

N°	Tâches	Antériorité				Ressources communes				Achèvement au plus tard		Durée		Début à date fixe	Au plus tôt	Au plus tard	Début	Fin	Coût en début de tâche	Coût / durée	Coût total à T0	Gain en fin de tâche	Gain total à T0
		N°Tache	C	N°Tache	Nb max	C	Date(jr)	C	(jr)	marge	Date(jr)	Date(jr)	Date(jr)										
1	Définition préliminaire 1					0					0	200			Non	Oui	33	233		0,2	40,7168		0
2	Mécanique 1	1				0	9	16			0	156,7			Non	Non	233	389		0,3	49,0204		0
3	Electronique 1	1				0	10	17			0	70			Non	Non	374	444		0,3	22,1808		0
4	Logiciel 1	1				0	11	18			0	130			Non	Non	293	423		0,25	34,0954		0
5	Essai mécanique 1	2				0	12	19			0	30			Oui	Non	389	419		2	63,3327		0
6	Intégration 1	3	4	5		0					0	25			Oui	Non	444	469	70	0,5	87,5692		0
7	Essai de qualification 1	6				0	14	21			0	20			Oui	Non	469	489		5	106,615	600	562,02
8	Définition préliminaire 2					0					0	100			Non	Oui	0	100		0,2	20,1343		0
9	Mécanique 2	8				0					0	80			Non	Non	100	180		0,3	24,4535		0
10	Electronique 2	8				0					0	117,6			Non	Non	142	260		0,3	36,2521		0
11	Logiciel 2	8				0					0	150			Non	Non	132	282		0,25	38,5527		0
12	Essai mécanique 2	9				0					0	40			Oui	Non	180	220		2	82,1677		0
13	Intégration 2	10	11	12		0					0	75			Oui	Non	282	357	90	0,5	132,593		0
14	Essai de qualification 2	13				0					0	40			Oui	Non	357	397		5	210,337	700	663,823
15	Définition préliminaire 3					0					0	150			Non	Oui	166	316		0,2	30,982		0
16	Mécanique 3	15				0					0	130			Non	Non	414	544		0,3	41,5796		0
17	Electronique 3	15				0					0	200			Non	Non	380	580		0,3	63,9812		0
18	Logiciel 3	15				0					0	90,39			Non	Non	316	406		0,25	23,7144		0
19	Essai mécanique 3	16				0					0	50			Oui	Non	544	594		2	107,904		0
20	Intégration 3	17	18	19		0					0	55			Oui	Non	594	649	100	0,5	138,147		0
21	Essai de qualification 3	20				0					0	30			Oui	Non	649	679		5	163,924	650	593,598
	\$					0					0	0	0				1346	1346					0

Fin de la dernière tâche : 1346

Coût : 1518

Gain : 1819

Revenu global à T0 : 301

Taux d'intérêt : 5,00%

Figure 6 : Ordonnancement robuste



Ordonnancement robuste

Cliquer sur l'icône pour ouvrir le fichier :