MAG658.5-M/01

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة أبي بكر بلقايد-تلمسان-

كلية العلوم الإقتصادية، العلوم التجارية و التسيير

مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في العلوم الإقتصادية

تخصص: إدارة الإنتاج و العمليات

الموضوع

جـــــدولة الإنتاج و العمليات

دراسة حالة الشركة الصناعية للإتصالات السلكية و اللاسلكية

إعداد الطالب:

جـمعـــة زكرياء

إشراف الأستاذ الدكتور:

بلمـــقدم مصطـــفى

أعضاء لجنة المناقشة:

أ.د. بندي عبد الله عبد السلام	أستاذ التعليم العالي	جامعة تلمسان	رئيسا
أ.د. بلمـــقدم مصطـــفى	أستاذ التعليم العالي	جامعة تلمسان	مشرفا
د. تشـــوار خير الـــدين	أستاذ محاضر	جامعة تلمسان	ممتحنا
د. طويـــل أحمـــد	أستاذ محاضر	جامعة تلمسان	ممتحنا
د. بن بوزيان محمـــد	أستاذ محاضر	جامعة تلمسان	ممتحنا

السنة الجامعية: 2004 – 2005

شكر و تقدير

الحمد لله العظيم الحليم الذي بنعمته تتم الصالحات و لانت أمام قوّته الشدائد و الصِّعاب، أحمده سبحانه على ما يسَّر و على ما أنعم و قدر و على ما أوجبه لمن شكر و صبر؛ فاللّهم لك الحمد على ما أنعمت و قضيت و لك الشكر على ما كافيت و أعطيت، لك الحمد كلُّه و لك الشكر كلُّه و إليك يُرجع الأمر كلُّه، لك الحمد كالذي أقول و خيراً مما أقول و لك الحمد كالذي تقول لا أُحصي ثناءاً عليك أنت كما أثنيت على نفسك.

و إنّي إذ أحمد الله عزَّ و جلَّ على ما و فّقني إليه و على كل حال، أسأله سبحانه أن يوزِعَني أن أشكر نعمته التي أنعم عليَّ و على والديَ و أن يوفقني لعمل صالحٍ يرضاه و أن يُدخلني برحمته في عباده الصالحين و صلّ اللّهم على نبينا محمد و على آله و صحبه و سلّم.

بعد حمد الله عزَّ وجلَّ أتقدم بشُكري إلى من كانت بحق معلّمي الأوّل والدتي الكريمة حفظها الله الّتي ما عرفت باباً في سبيل إنجاحي إلاّ أتته، فالحمد لله مرةً أخرى على أن و فّقني لما تقر به عين والدتي و لا تحزن. فلو كنت هادياً للشهادة المرجوة من هذا العمل لأهديتها إليها.

أشكر والدي على ما ساعدني فيه و على ما بذله هو الآخر من أجلي، كما أشكر إخوتي: عبد اللّطيف، كمال و إبراهيـــم، و أُختاي الوحيدتين.

ألف ألف شكر أتقدم به إلى أستاذي الفاضل، مهندس هذه المذكرة و مؤطِّرها، الأستاذ الدكتور **بلمقدم مصطفى** على ما درَّسنيه أوّلاً و على ما بذله في سبيل إنجاح هذا المشروع.

كما لا يفوتني أن أتقدم بالشكر الجزيل و العرفان الجميل إلى أعضاء لجنة المناقشة، كل من السادة: أ.د. **بندي عبد الله عبد السلام، د. تشـــوار خير الـــدين، د. طويـــل أحمـــد و د. بن بوزيان محمـــد** على تكرُّمهم عليَّ و قبولهم لذلك.

كم أنا مدين بالشكر لعمال الشركة الصناعية للإتصالات السلكية و اللاسلكية و بخاصة كل من السادة: **نجاري محمد الأمين، سعيدي غوتي، بوكلي عصمت و جلاس عبد اللطيف**؛ فلنعم الكرماء كانوا رغم أنها كانت أياماً معدودات معهم.

أخيراً أتقدم بالشكر إلى جميع أساتذتي و معلّمي في مختلف الأطوار، و إلى كل من ساعدني في بحثي هذا و كل من له عليَّ حق الشكر و في مقدمتهم السيد: **معلاش عبد الرزاق** و عمال مختلف المكتبات التي زرناها.

جزى الله كل أولئك خير الجزاء.

فهـــــرس

مدخـــــل.

الفصل الأول: نظرية الجـــدولة"مبادئ و أسس".

المبحث الأوّل: التعريف بوظيفة الجدولة.....2

المبحث الثاني: حل مسائل الجدولة و تمثيلها بيانياً. 28

خـــاتمة.....40

خلاصة.....40

الفصل الثاني: جدولة الوحدات الإنتاجية.

المبحث الأوّل: النماذج الستاتيكية في جدولة الإنتاج و العمليات. 42

المبحث الثاني:النماذج الديناميكية في جدولة الإنتاج و العمليات. 89

خاتمة.....96

خلاصة.....97

الفصل الثالث: جدولة إنجاز المشاريع.

المبحث الأوّل: عموميات حول إدارة المشاريع..... 100

المبحث الثاني: جدولة أنشطة المشروع..... 110

خاتمة.....136

خلاصة.....136

الفصل الرابع: دراسة حالة الشركة الصناعية للاتصالات السلكية واللاسلكية.

المبحث الأوّل: لمحة عن الشركة الصناعية للاتصالات السلكية واللاسلكية..... 139

المبحث الثاني:تخطيط و جدولة الإنتاج و تسيير الأوامر الإنتاجية..... 158

خاتمة.....169

خلاصة.....169

خاتمـــــة.

المحتويات

الفهرس

المحتويات

قائـــمة الأشكال و الجداول

مدخـــــــل

الفصل الأول: نظرية الجدولة"مبادئ و أسس.

المبحث الأول: التعريف بوظيفة الجدولة. 2

المطلب الأول: ماهية وظيفة الجدولة. 2

1-تعريف وظيفة الجدولة : 2

2-أهمية جدولة الإنتاج والعمليات: 4

3-أهداف جدولة الإنتاج والعمليات: 5

4-مراحل الجدولة: 6

4-1التخطيط: 7

4-2التنفيذ: 8

4-3الرقابة: 9

5-علاقة نظام الجدولة مع مجالات القرار الأخرى: 9

المطلب الثاني: محيط وظيفة الجدولة. 12

1-الأوامر الإنتاجية OF: 12

2-الموارد: 15

2-1 موارد مستهلكة Ressources consommables: 15

2-2 موارد متجددة Ressources renouvelables: 15

3-القيود: 17

3-1 القيود الزمنية: 17

3-2 قيود محدودية الموارد المتجددة: 18

3-2-1القيود التمييزية: 18
3-2-2القيود التحميعية: 18
4-التوفيق بين الطاقة والأعباء: 20
4-1طرق برمجة العمليات: 20
- البرمجة وفق وقت مبكر: 20
- البرمجة وفق وقت متأخر: 21
4-2 قواعد الأولية: 24
4-3 الطاقة المحدودة وغير المحدودة: 25
4-4 تقنيات تسوية الطاقة: 26
5- دالة الهدف: 27
المبحث الثاني: حل مسائل الجدولة و تمثيلها بيانياً. 28
المطلب الأول: طرق حل مسائل الجدولة. 28
المطلب الثاني:التمثيل البياني لمسائل الجدولة. 29
1- مبدأ مخطط ڤانت: 29
2- استخلاص إيجابيات مخطط ڤانت: 32
3- الجوانب السلبية في مخطط ڤانت: 34
المطلب الثالث: أنماط الجدولة. 34
1- الجدولة المقبولة (الممكنة): 34
2- جدولة نصف نشيطة: 35
3- جدولة نشيطة: 35
4- جدولة دون تأخر: 35
خاتـــمة الفصل.....40
خـــلاصة الفصل.....40

الفصل الثاني: جدولة الوحدات الإنتاجية.

المبحث الأول: النماذج الستاتيكية في جدولة الإنتاج و العمليات..... 42

المطلب الأول:الجدولة في حالة خط الإنتاج..... 42

1- تعريف: 42

2- خصائص خط الإنتاج: 43

3- موازنة خط الإنتاج: 45

3-1 صياغة المسألة: 45

3-2 طرق حل مسائل الجدولة: 49

4- نظام جدولة خط الإنتاج وعلاقته بالخطة الإجمالية للإنتاج:..... 50

المطلب الثاني جدولة الوحدات الإنتاجية: 52

1- التعريف بالوحدات الإنتاجية:..... 53

1-1 تعريف:..... 53

1-2 خصائص الوحدات الإنتاجية:..... 53

2- صياغة النموذج الأساسي:..... 54

2-1 معطيات: 54

2-2 خصائص الآلات: 54

2-3 متغيرات القرار:..... 55

2-4 معايير التقييم: 57

2-5 تصنيف مسائل الجدولة:..... 58

3- جدولة n أمر إنتاجي على آلة واحدة: 59

3-1 فرضيات المسألة: 59

3-2 النتائج الأساسية - قواعد الأولوية:..... 60

4- الجدولة في حال عدة آلات متقابلة: 65

4-1 حل مسائل الجدولة باستعمال مسائل التخصيص:..... 65

4-1-1 التعريف بمسائل التخصيص:..... 65
4-1-2 طرق حل مسائل التخصيص – خوارزمية kuhn:..... 67
4-2 تدنية المدة الإجمالية C_{max}||Pm: 70
4-2-1 تدنية المدة الإجمالية بدون قيود أسبقية:..... 70
أ. بدون انقطاع:..... 70
ب. مع انقطاع: 71
4-2-2 تدنية المدة الإجمالية مع وجود قيود أسبقية C_{max}|prec|Pm : 73
4-3 إجمالي تواريخ الإنجاز Σc_j||Pm:..... 73
5- الجدولة في حال وحدة إنتاجية بتدفق ثابت (Flow Shop): 73
5-1: جدولة عدّة أوامر إنتاجية على آلتين C_{max}|prmu|F2: 73
5-2 : جدولة عدة أوامر إنتاجية و 3 آلات C_{max}|Prmu|F3 :..... 76
5-3: الحالة العامة : جدولة عدة أوامر إنتاجية على عدة آلات
Fm|prmu|Cmax : 78
5-3-1: أوقات التركيب / التفكيك غير مرتبطة بترتيب الأوامر الإنتاجية
(النموذج الأساسي): 78
5-3-2: أوقات التركيب / التفكيك مرتبطة بترتيب الأوامر الإنتاجية (إمتداد
النموذج الأساسي) : 79
6- الجدولة في حال وحدة إنتاجية بتدفق غير ثابت (Job Shop): 80
6-1: جدولة عدة أوامر إنتاجية و آلتين C_{max} ||J2:..... 80
6-2: جدولة أمرين إنتاجيين و عدة آلات C_{max}|n=2|Jm:..... 82
6-3 :الحالة العامة : عدة أوامر إنتاجية و عدة آلات Jm||Cmax : 84
6-3-1: إعداد جدولة باستعمال قواعد الأولوية : 84
6-3-2: طريقة الفرع و الحد:..... 87

المبحث الثاني:النماذج الديناميكية في جدولة الإنتاج و العمليات: 89

المطلب الأول: جدولة الإنتاج و العمليات باستعمال نظرية صفوف الإنتظار : 89

1- المفهوم العام لصفوف الإنتظار : 89

2- دراسة نماذج خطوط الإنتظار : 90

3- تصنيف أنظمة خطوط الإنتظار : 92

4- تقييم نماذج خطوط الإنتظار : 93

المطلب الثاني:جدولة الإنتاج باستعمال أساليب المحاكاة: 94

1- النمذجة بأسلوب المحاكاة : 94

2- إستعمالات أساليب المحاكاة : 94

3- دور أساليب المحاكاة في إعداد الجدولة : 94

خاتمـــة الفصل..... 96

خلاصة الفصل..... 97

الفصل الثالث: جدولة إنجـــاز المشاريع.

المبحث الأول: عموميات حول إدارة المشاريع. 100

المطلب الأول: ماهية المشروع. 100

1- تعريف المشروع: 100

2- خصائص المشروع: 101

3- أنماط تنظيم المشروع: 102

المطلب الثاني: تجزئة المشروع. 108

1- ضرورة تجزئة وتقسيم المشروع: 108

2- طرق تجزئة المشروع: 108

2-1 المخطط التقني للمنتجات (PBS): 108

2-2 المخطط التقني للأعمال (WBS): 108

2-3 مخطط الهيكل التنظيمي (OBS): 109

المبحث الثاني: جدولة أنشطة المشروع. 110

المطلب الأول: جدولة المشاريع في حال التأكد .....111 X

1- إعداد شبكة أعمال المشروع: 111

1-1 مصطلحات أساسية: 111

1-2 قواعد بناء الشبكة: 112

1-3 أنواع القيود: 113

1-4 أنماط العلاقات التي تربط أنشطة المشروع: 114

2- جدولة أوقات تنفيذ المشروع: 121

2-1 جدولة الوقت المبكر: 122

2-2 جدولة الوقت المتأخر: 123

2-3 حساب الهامش: 123

2-4 استنتاج المسار الحرج: 124
المطلب الثاني: جدولة المشاريع في حال عدم التأكد. 125
1- تقدير الأوقات المتوقعة للأنشطة وتبايناتها: 127
2- تقدير احتمال انجاز المشروع في فترة معينة: 128
3- ملخص أسلوب تقويم البرامج ومراجعتها في التحليل الشبكي: 130
المطلب الثالث: تخطيط وجدولة الإنـــجاز الأمثل للمشاريع بتكلفة أمثل: 130
1- أهمية إدخال عنصر التكلفة في جدولة المشروع: 130
2- أنواع التكاليف المرتبطة بالمشروع: 131
2-1 تكاليف مباشرة: 131
2-2 تكاليف غير مباشرة: 131
3- خطوات تعجيل إنجاز المشروع: 133
4- خوارزمية ضغط الأنشطة في الشبكات: 135
خاتمـــة الفصل 136
خلاصة الفصل 136

الفصل الرابع: دراسة حالة الشركة الصناعية للإتصالات السلكية و اللاسلكية.

المبحث الأول: لمحة عن الشركة الصناعية للاتصالات السلكية واللاسلكية: 139

المطلب الأول: التعريف بالشركة و تنظيمها: 139

1-نشأة الشركة: 139

2-رأس مال الشركة : 139

3-الموقع الجغرافي ل " سيتال ": 140

4-نشاط الشركة: 141

5-تنظيم الشركة: 141

المطلب الثاني: نظام عمل الشركة و إدارة الإنتاج بها: 145

1-البرنامج TOLAS : 146

2-المعطيات التقنية: 149

3-مراحل معالجة الطلبية: 155

المبحث الثاني:تخطيط و جدولة الإنتاج و تسيير الأوامر الإنتاجية: 158

المطلب الأول: تخطيط و جدولة الإنتاج: 158

1-تخطيط الإنتاج: 158

2-جدولة الإنتاج: 159

2-1: حساب الإحتياجات: 159

2-2 أدوات التحليل: 160

المطلب الثاني: تسيير الأوامر الإنتاجية: 161

1-المراحل التي يمر بها الأمر الإنتاجي: 161

2-إنشاء الأوامر الإنتاجية: 164

3-إطلاق الأوامر الإنتاجية: 165

4-متابعة انجاز الأوامر الإنتاجية: 165

4-1 : تقدم انجاز الأمر الإنتاجي: 166
4-2: تعديل العمليات: 166
4-3 : تسيير عمليات الإصلاح: 167
5-حجز أزمنة العمليات: 167
6-ختم الأوامر الإنتاجية: 167
خـــاتمة الفصل.....169
خلاصة الفصل.....169
الخاتـــــــــمة.

قائـــــمة الأشكال

الشكل1 : مراحل عملية الجـــدولـــة. 7

الشكل2 : علاقة نظام الجدولة مع مجالات القرار الأخرى. 11

الشكل3 : نمـــاذج عن تشكيلات التصنيع. 13

الشكل 4 : أنماط مسائـــل الجدولـــــة على حسب طبيعة الموارد..... 16

الشكل5 : منحنى أعباء الآلة M1 19

الشكل6 : برمجة العمليات وفق وقت مبكر..... 21

الشكل7 : البرمجة وفق وقت متأخر..... 22

الشكل8 :مخطط غانت وحدة إنتاجية / موارد. 31

الشكل9 :مخطط غانت وحدة إنتاجية / منتوج..... 32

الشكل10 : أنماط الجـــدولـــــة 36

الشكل11 : جـــدولة ممكنـــــة..... 38

الشكل12 : جدولة نصف نشيطة. 38

الشكل13 : جدولة نشيطة دون تأخر. 39

الشكل14 : أمثلة عن خطوط الإنتاج..... 43

الشكل15 : مثال عن خط إنتاجـــي غير متوازن. 44

الشكل 16 :العناصر الأساسية لمشكلة توازن خط الإنتاج..... 46

الشكل17 : "مراحل الجدولة" خط الإنتاج- تدفق ثابت. 51

الشكل18 : تنظيم الإنتاج على شكل وحدات إنتاجية " Ateliers Spécialisés"... 53

الشكل19 : خصائص الآلات..... 55

الشكل20 : جدولة n أمر إنتاجي على آلة واحدة. 60

الشكل21 : جدولة عدّة أوامر وآلتين (تدفق ثابت). 74

الشكل22 : مثال عن حالة جدولة عدة أوامر إنتاجية و آلتين(تدفق ثابت). 76

الشكل23 :جدولة عدة أوامر إنتاجية و 3 آلات (تدفق ثابت). 76

قائـــــمة الأشكال (تابــع)

الشكل24 : جدولة عدة أوامر إنتاجية و آلتين (تدفق غير ثابت). 80

الشكل25 : قاعـــــدة جاكســـــون. 82

الشكل26 : مثال عن جدولة أمرين إنتاجيين و عدة آلات. 83

الشكل27 : شجرة الفرع و الحد. 88

الشكل28 :أمثلة عن خطوط الإنتظار. 91

الشكل29 : المشروع كحصة من التنظيم الحالي. 104

الشكل30 :المشروع كتنظيم مستقل. 104

الشكل31 :التنظيم المصفوفاتي للمشروع. 104

الشكل32 : منحنى التوزيع الإحصائي Bêta. 126

الشكل33 : منحنى التوزيع الطبيعي. 129

الشكل34 : العلاقة بين الزمن والتكاليف المباشرة لنشاط ما. 132

الشكل35 : العلاقة بين الزمن والتكاليف غير المباشرة للمشروع. 132

الشكل36 :منحنى الزمن- تكلفة للمشروع. 133

الشكل 37: الهيكل التنظيمي لشركة الإتصالات السلكية واللاسلكية..... 142

الشكل 38 : آلية إدارة الإنتاج بالشركة. 146

الشكل 39 : توزيع استعمال مقاييس برنامج TOLAS على تنظيم الشركة. 148

الشكل 40 : واجهة برنامج TOLAS. 149

الشكل 41 : التدخلات الممكنة في المعطيات التقنية. 154

الشكل 42 : مراحل معالجة الطلبية..... 155

الشكل 43 : التخطيط الإجمالي للإنتاج..... 158

الشكل 44 : من الخطة الإجمالية إلى الخطة التفصيلية 160

الشكل 45 : خطوات تسير الأوامر الإنتاجية..... 163

الشكل 46 : متابعة إنجاز الأوامر الإنتاجية 166

قائمـــــة الجداول

الجدول 1 : هيكل مسألة التخصيص. 67
الجدول 2: أنماط تنظيم المشروع..... 105
الجدول 3 : أنماط العلاقات التي تربط أنشطة المشروع. 115
الجدول 4 : مختلف الروابط الممكنة بين نشاطين معينين..... 117
الجدول 5 : مختلف الروابط الممكنة بين نشاطين معينين
مع الأخذ بعين الإعتبار عامل الأجل..... 119

مدخل:

يُطلق لفظ الإنتاج على مجموع العمليات التي تهدف المنظمة من ورائها خلق منتجات أو إضافة القيمة لها عن طريق استخدام و تحويل مجموعة من الموارد؛ و بهذا تُعبِّر هذه الموارد عن مدخلات النظام الإنتاجي أين سيتم تحويلُها و تصنيعُها فيما تمثِّل المنتجات المحصل عليها التي يمكن أن تأخذ طابع السلعة أو الخدمة مخرجات ذلك النظام. و على هذا الأساس تُقاس فاعلية و نجاح النظام الإنتاجي في تحقيق أهدافه بمدى كفاءته في تحويل تلك المدخلات إلى مخرجات.

تقوم وظيفة إدارة الإنتاج و العمليات باتخاذ القرارات المتعلقة بالنشاط الإنتاجي بهدف العمل على تحقيق نظام إنتاجي فعَّال يمكِّن المنظمة من الإنتاج بأقل قدر ممكن من المدخلات لكن بمستوى الجودة المطلوب و في الوقت المحدد؛ و منه تكمن مهمة إدارة الإنتاج و العمليات في البحث عن الإستغلال الأمثل للموارد المتاحة في ظل الظروف الإنتاجية المحيطة بها من أجل تحقيق الأهداف المرجوة من العملية الإنتاجية.

بناءاً على ذلك نجد وظيفة إدارة الإنتاج و العمليات تتفرَّع في الأصل إلى ثلاثة وظائف رئيسية تتمثل في تصميم العمليات الإنتاجية أين يتم تحديد خصائص كل من النظام الإنتاجي و المنتجات المراد إنتاجها، تخطيط العمليات الإنتاجية و أخيراً الرقابة على هذه العمليات عن طريق متابعة النشاط الإنتاجي عبر كافة مراحله و تقييم مدى ملائمة النتائج المحصل عليها مع الخُطط الموضوعة و الأهداف المسطرة و اتخاذ الإجراءات التصحيحية المبكرة في حال اقتضى الأمر ذلك.

و في الواقع تُمثِّل وظيفة تخطيط العمليات الإنتاجية، أو ببساطة تخطيط الإنتاج، جوهر المهمة الإدارية في ميدان الإنتاج و العمليات إذ أنها تنطوي على أهم القرارات ذات الصِّلة بسيرورة العملية الإنتاجية؛ و يمكن التمييز عند مرحلة القيام بإعداد خطة للإنتاج بين

ثلاث مستويات رئيسية من التخطيط و ذلك على حسب الفترة الزمنية التي سوف تُغطيها الخطة الموضوعة، لكلٍ مستوى منها أهدافه و قراراته كما أنَّ لكلٍ منها مستوى مسؤولية خاص به:

- **التخطيط طويل الأجل:**

يهدف هذا النوع من التخطيط الذي يُعرف كذلك بتخطيط الطاقة لإرتباطه بمفهومها إلى تحديد سياسة و إستراتيجية المنظمة على المدى البعيد كتحديد مجال نشاطها و ماذا يراد إنتاجه و ماهي مستويات الإنتاج المراد بلوغها و كذا حجم الطاقة اللازمة لذلك؛

و نظراً لكون القرارات المتخذة في هذا الجانب تتعلق بفترة طويلة فإنها تُعتبر قرارات إستراتيجية يصعب تعديلها على المدى القصير مما يحتِّم على المنظمة تحمل تبعاتها لفترة طويلة، وتكون الإدارة العليا مسؤولة عن إتخاذ مثل هذه القرارات بإعتبارها تخص المنظمة ككل.

- **التخطيط متوسط الأجل:**

وهو تخطيط الإنتاج لمدة عام مع وضع خُطط تفصيلية شهرية في إطار الخطة الإستراتيجية الموضوعة مسبقا؛ يعرف هذا النوع من التخطيط كذلك بالتخطيط الإجمالي للإنتاج أو الخطة الإجمالية التي تُعطينا تقديرات إجمالية لكل من مستوى الإنتاج والعمالة و المخزون لكل فترة خلال السنة و ذلك بناءاً على بعض المعطيات الواجب توفرها عند القيام بإعداد هذه الخطة كالطلب المتوقع للفترة القادمة و مستوى الإنتاج و العمالة و حجم المخزون عند نهاية الفترة السابقة؛

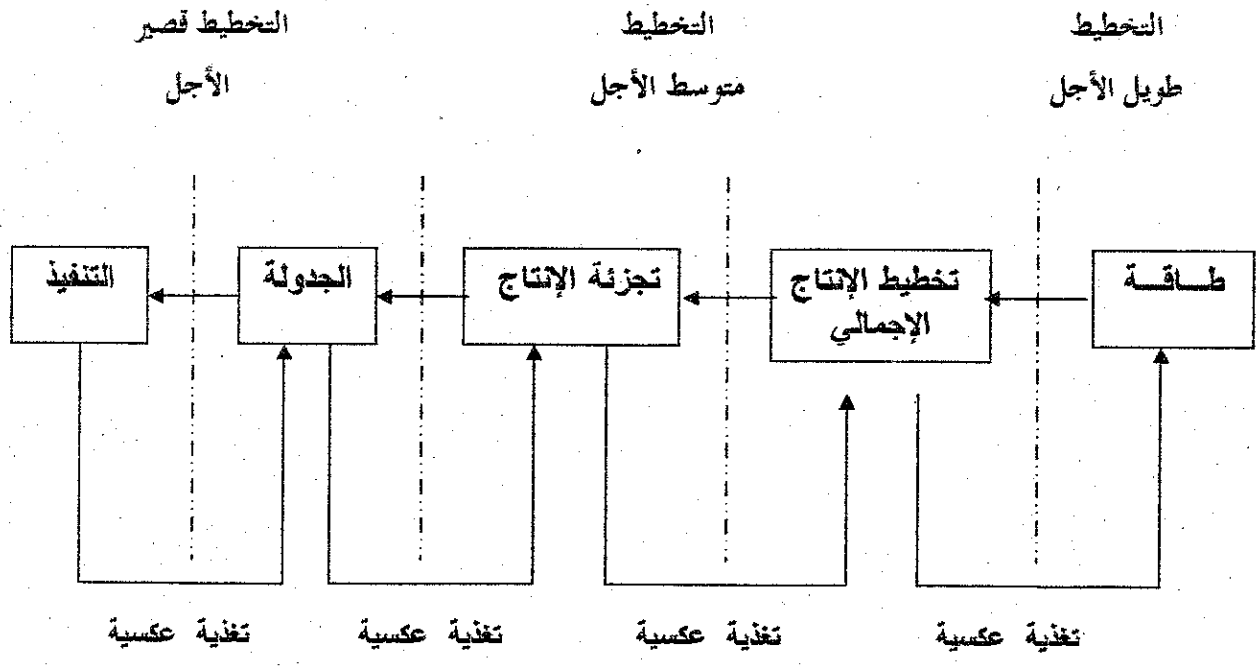
تُعتبر القرارات هنا تكتيكيةً تُتخذ عادة من قبل الإطارات و المديرين الفرعيين على مستوى المصنع أو الوحدات الفرعية.

- **التخطيط قصير الأجل:**

و هو يخص وضع خطة للإنتاج خلال أفق زمني يتراوح من ساعات إلى أيام إلى أسابيع إلى شهر، بمعنى أن الهدف من التخطيط هنا هو جعل الخطط الشهرية الموضوعة في مرحلة التخطيط متوسط الأجل أكثر تفصيلاً، بل و مفصلة تماماً على طول الشهر و تكون القرارات هنا عبارة عن قرارات عملية تتعلق بالتسيير اليومي للوحدة الإنتاجية لمواجهة الطلب يوماً بعد يوم في ضوء ما تم إتخاذه من قرارات تكتيكية.

يُعرف هذا النوع الأخير من التخطيط على أنه **جدولة للإنتاج و العمليات** بحيث يتضمن تخطيط جداول الإنتاج و ذلك بوضع الخُطط اللازمة لإستعمال الآلات.

و يُلخّص الشكل التالي هذه المستويات الثلاث لتخطيط الإنتاج و العمليات:



الشكل أ: تخطيط العمليات.

المصدر:سونيا محمد البكري، إدارة الإنتاج و العمليات:مدخل النظم، الدار الجامعية بالإسكندرية 2001،ص 151.

فإذا سلّمنا بأن الجدولة تُعنى بتخطيط ووضع جداول الإنتاج (مخططات عمل) و افترضنا أنّ:

- **هناك علاقة بين الخطة أو الجدولة الموضوعة و درجة الفاعلية في إستغلال موارد الإنتاج المتاحة؛ من جهة، و أنّ:**
- **قيادة العملية الإنتاجية و ضمان نظام إنتاجي فعّال لا يتوقف على وظيفة الجدولة وحدها بل هي تعد جزء من كل يسعى إلى تحقيق ذلك، من جهة أخرى.**

حينئذ تتبلور في الأذهان معالم سؤال رئيسي يُعبِّر عن إشكال هذه المذكرة و جوهرها و مصوغاً في السياق التالي: **كيف تتم جدولة الإنتاج و العمليات بصفة تجعل منها أحد أهم الدعائم في توطين نظام إنتاجي فعّال؟**

و يتضمن هذا الإشكال الرئيسي إشكالات فرعية منبثقة عنه سوف تناقش على مدار هذه الدراسة آثرنا ألاّ نوردها الآن بحيث سنأتي على ذكرها في محلّها.

ويمكن إبراز أهمية جدولة الإنتاج و العمليات و منه أهمية هذه الدراسة من جانبين أولهما تطبيق عملي و الآخر نظري أكاديمي؛ أمّا الجانب الأوّل فلا شك فيه بأن لكل منظمة مجموعة من الأنشطة و المهام التي يجب أن تقوم بها و هو ما لا يكون إلاّ باستعمال موارد معينة تكون محدودةً في الغالب، و من هنا تبرز أهمية الجدولة في ضمان الإستعمال الأنجع و التسيير الحسن لتلك الموارد قصد القيام بتلك الأنشطة و المهام على أكفأ وجه ممكن، الأمر الذي يُكسب المنظمة رهانات ذلك. و أمّا الجانب الثاني في أهمية هذه الدراسة فارتأيناه نظرياً محض و ذلك بعد إدراكنا لمدى الموقع المتميز الذي تتربع عليه الجدولة في أعمال البحث على الصعيد العالمي و ما ذاك إلاّ لكونها من

المسائل الصعبة المعقدة بالشكل الذي جعل منها معلم استقطاب و موضوع بحث متجدد بالنسبة للباحثين و الدارسين على حدٍّ السواء.

هذه الجوانب من الأهمية و غيرها، و بقدر ما تنطوي عليه من صعابٍ و حواجز تقف لا محالة في وجه الدارس لهذا الموضوع، حفّزتنا على التطرق له محاولةً منا للإلمام بجوانبه الرئيسية و آملين بذلك قطعَ خطوةٍ أُولى تساعدنا في أبحاثنا القادمة ووضع شبه مرجع يوضّح الأركان القاعدية لموضوع جدولة الإنتاج و العمليات لمن لهم علاقة واهتمام بالموضوع و إسهاماً منّا في إثراء مكتبتنا ولو بنذرٍ قليل و غيضٍ من فيض بعد ما لاحظناه من غياب الدراسات لهذا الموضوع بصفة مستقلة تُعطيه حقه من الإهتمام.

في حقيقة الأمر لدراسة موضوع جدولة الإنتاج و العمليات ينبغي التعرف أوّلاً على طبيعة النظام الإنتاجي للمنظمة؛ و يُقصد بنظم الإنتاج و العمليات تلك الترتيبات التي تبين المسالك أو الطرق التي تستخدم في توجيه الموارد الإنتاجية خلال عمليات الإنتاج وفقاً لخصائص و شروط الطلب أو مواصفاته و تنعكس في السلع أو الخدمات **[د.علي الشرقاوي:2003]**. و بالإمكان التمييز في هذا الشأن بين ثلاثة أنماط رئيسية من الإنتاج يتوقف إختيار أحدها على عدة عوامل كطبيعة المنتوج و إستراتيجية المنظمة و غيرها من العوامل:

- **نظم الإنتاج المستمرة:** أين يكون تدفق المنتجات منتظماً و ثابتاً على طول النظام الإنتاجي، و عادة ما يتم التفريق هنا بين نظم الإنتاج بتدفق مستمر كالصناعات البترولية و غيرها أين لا تُطرح مشكلة الجدولة، و نظم الإنتاج بتدفق متسلسل التي تُعرف بخطوط التجميع أين يجب السهر على ضمان خط إنتاجي متوازن كصناعة السيارات و غيرها.

- **نظم الإنتاج المتقطعة:** في هذه الحال ليس هناك تدفقاً نمطياً واحداً تسري عليه جميع المنتجات إذ أنّ لكلٍ منها مواصفاته و طريقة تصنيعه الخاصة به، و هنا تجد مسائل الجدولة ضالّتها حيث أنّ أعقد و أصعب هذه المسائل نجدها مطروحة في هذا الصعيد.

- **نظم الإنتاج الخاصة أو المشروع:** أين تكون الغاية من العملية الإنتاجية تنفيذ و إنجاز مشروع معين مستقل بذاته و يستدعي عادة تنظيماً خاصاً به، يكمن مشكل الجدولة الرئيسي المطروح في هذا الجانب في التحكيم بين البحث عن تكلفة تنافسية و إحترام الآجال المحددة لإنجاز المشروع كما أن جدولة أنشطة المشروع و ترتيبها تُعد أساسية نظراً لأن موقع كل نشاط داخل المشروع سوف يؤثّر على حياته و تكاليفه الإجمالية.

بناءاً على ما سبق إرتأينا تخصيص **الفصل الثاني** من هذه المذكرة لمعالجة مسائل الجدولة في حال نظام خط إنتاجي و كذا نظام إنتاجي متقطع و جمعنا بينهما تحت مظلة عنوان واحد يحمله الفصل ألا وهو: **جدولة الوحدات الإنتاجية؛**

فيما سنعالج مسائل جدولة المشاريع تحت راية **الفصل الثالث** الذي يحمل عنوان: **جدولة إنجاز المشاريع؛**

و قبل هذا و ذاك كان لزاماً علينا أن نبين في مقامٍ أوّل المبادئ الأساسية المتعلقة بوظيفة الجدولة و بعض المفاهيم و المصطلحات الخاصة بها، و هو ما أفردناه في **الفصل الأوّل** تحت عنوان: **نظرية الجدولة " مبادئ و أسس"؛**

و على الرغم من أنّ غايتنا الأولى حينما تولّدت لدينا فكرة إختيار هذا الموضوع كانت تتمثل في الإلمام قدر الإمكان بجوانبه النظرية إلاّ أننا أبينا إلاّ أن نختم هذا العمل بفصلٍ رابع يهتم بالجانب التطبيقي العملي للموضوع، وقد تمّ لنا ذلك في

شركة نحسبها رائدةً في الميدان الصناعي ألا و هي " **الشركة الصناعية للإتصالات السلكية و اللاسلكية** " بتلمسان، ليحمل **الفصل الرابع** عنوان **دراسة حالة** الشركة المذكورة.

و بذلك تكون هذه المذكرة قد اكتملت في أربعة فصول كبرى مُفتتحةً بهذا المدخل و مختومةً بخاتمة عامة تضمنت أهم النتائج المتوصل إليها.

أخيراً نبيِّن أننا إنتهجنا أسلوب التحليل الكمي في الإدارة معتمدين كذلك على التحليل الوصفي للتعريف ببعض المسائل و المفاهيم الأساسية، كما أننا وجدنا أنفسنا مضطرين و بإلحاح إلى الإستعانة ببعض الأمثلة لتوضيح بعض النقط ملتزمين في ذلك بعزو المثال إلى مصدره إن نحن إقتبسناه من مصدرٍ ما أو خلاف ذلك إن نحن إجتهدنا في صياغته.

الفصل الأول:

نظرية الجدولة: مبادئ و أسس.

تُعد مسألة الجدولة مسألةً في غاية الأهمية في مختلف الميادين و المجالات فأي عمل يحتوي على مجموعة من الأعمال الفرعية الجزئية المرتبط فيما بينها والمكوِّنة له سوف يستوجب البحث عن تنظيم و خطة لإنجاز تلك الأعمال الفرعية بما يمكِّن في النهاية من إنجاز ذلك العمل على أحسن وجه و إستعمال مناسب للموارد اللازمة في ذلك.

و لقد بدأت تلك المسألة تجد مكاناً لها في البيئة الصناعية مع بداية القرن الماضي إنطلاقاً من أعمال "هنري فانت " إلى أبحاث "جونسون" و " جاكسون" إلى الأبحاث التي لا تزال قائمةً إلى يومنا هذا، و مما عزَّز في تلك المكانة هو الجو المحموم من التنافس الذي أصبح واقعاً مفروضاً على مختلف المنظمات حيث بات الإنتاج بأقل تكلفة و في الوقت المناسب و بالجودة المطلوبة تأشيرة لضمان البقاء في أسواق مفتوحة على كل الاحتمالات وهو الشيء الذي تُعد الجدولة أحد أهم أركان البناء فيه.

فما المراد بوظيفة الجدولة؟ و ما هي أهميتها و أهدفها؟ و ما علاقتها بمجالات القرارات الأخرى؟ ماهو محيطها؟ و كيف يمكن حل مسائلها و تمثيلها؟

أسئلة حاولنا تفصيلها على مقاس مبحثين من هذا الفصل، مبحث أوَّل يخص التعريف بوظيفة الجدولة و ما يتعلق بها، و مبحث ثانٍ يُعنى بدراسة كيفية حل مثل هذه المسائل و تمثيلها البياني و أنماطها.

المبحث الأول: التعريف بوظيفة الجدولة.

المطلب الأول: ماهية وظيفة الجدولة.

1- تعريف وظيفة الجدولة :

لقد تعددت التعاريف الخاصة بوظيفة الجدولة وكثرت، وبُسِطت واختُصِرت، إلاّ أنّنا لا نجدها تختلف اختلافاً جوهرياً جديرًا بالمناقشة، وإن اختلفت في مدلولها ومقصودها نظرًا لسعة مجال تطبيقها؛ وفي الواقع ما بُسط من تعارف إنّما يزيد من إيضاح المراد بهذه الوظيفة وما يجب أن تقوم به، وبذلك نجد مختلف التعارف تُكمِّل بعضها البعض ويزيد بعضُها بعضاً فهماً و تبياناً.

فمثلاً يعتقد Michel Pinedo [1] أنّ الجدولة تهتم بتخصيص موارد محدودة لمجموعة من الأعمال خلال الزمن؛ ويعتبرها كعملية اتخاذ قرار تهدف إلى تحقيق أمثلية هدف واحد أو عدة أهداف، وهي متواجدة في أغلب الأنظمة الصناعية والإنتاجية، تماما كما في المجالات الخدمية الأخرى كخدمات النقل والإعلام الآلي وغيرها.

ويرى كل من Patrick Esquirol و Pierre Lopez [2] أنّ مسألة الجدولة تكمُن في تنظيم إنجاز الأعمال خلال الزمن مع مراعاة القيود الزمنية (آجال، قيود أسبقية...) والقيود الخاصة باستعمال ووفرة الموارد المستحقة؛ وتعبر الجدولة عن حلٍ لمسألة الجدولة وبالتالي سوف تصف إنجاز تلك المهام وتخصيص الموارد من خلال الزمن وتهدف إلى تحقيق هدف أو عدة أهداف.

ويُعرِّف الدكتور فريد عبد الفتاح زين الدين[3] الجدولة ،بعد استعراضه لمجموعة من التعارف القيِّمة، على أنّها تقرير متى وأين تؤدى كل عملية من العمليات اللازمة لإنتاج

---

[1] - Michel Pinedo, Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems ; Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersy p:1.

[2] - Patrick Esquirol, Pierre Lopez. L'ordonnancement, Edition Economica, Paris, 1999 p : 13.

[3]- د.فريد عبد الفتاح زين الدين، تخطيط و مراقبة الإنتاج: مدخل إدارة الجودة، كلية التجارة -جامعة الزقازيق 1997 ص 259.

السلعة أو إنجاز الخدمة، وتعيين الأزمنة الّتي يبدأ فيها و/أو يستكمل كل نشاط أو كل عملية مطلوبة، ودراسة العلاقة بين الأحمال والطاقات لمراكز العمل؛ ويخلُص ذات الكاتب إلى أنّ اصطلاح جدولة العمليات يعني التحديد الدقيق لتوقيت العمليات المعنية اللازمة لإنتاج السلعة أو إنجاز الخدمة وتحديد دور كل قسم من الأقسام الإنتاجية في أداء هذه الأعمال، وهي بذلك المعنى تشتمل على استخدام المتاح للمعدات والتسهيلات والعمل البشري وتخصيصها على الأوامر الإنتاجية، أو على الأعمال والأنشطة اللازمة.

وعملياً، يقول الدكتور محمد توفيق ماضي[1]، تكون نتيجة القيام بعملية الجدولة عبارة عن خطة زمنية تفصيلية (جدول) للأنشطة، يوضح بها ما سوف يتم إنجازه وتاريخ البدء والانتهاء، والموارد المخصصة له.

ويُضيف الدكتور محمد فريد الصحن وصالح الحناوي[2] أنّ تلك الخطة تتضمن بعض القرارات الهامة في ذلك الصدد، وهي معدلات التحميل وتتابع النشاط ومتابعة الخطة إلى الوقوف الدائم على حالة التشغيل ومتابعة التنفيذ حسب التحميل والتتابع الموضوع. ومن هذا المنطلق نجد الكاتبين يعتبران عملية الجدولة من أدوات الرقابة التنبؤية على العملية الإنتاجية.

إذن يمكن القول إجمالاً على ضوء ما تقدم أنّ الجدولة هي تلك الوظيفة الّتي تُعنى أساساً باتخاذ القرارات المتعلقة ببرمجة إنجاز مجموعة من الأعمال عن طريق تخصيصها وإسنادها إلى مجموعة من الموارد الّتي سوف تستدعيها العملية الإنتاجية على أن تكون خلاصة القيام بعملية الجدولة عبارة عن مخطط أو خطة عملية يمكن الرجوع إليها بغرض الرقابة والوقوف الدائم على عملية التشغيل.

ومن خلال هذا التعريف الأخير وما سبقه من تعارف يمكننا إدراك أنّ مسألة الجدولة تتحدد من خلال أربعة محددات والّتي تكون في الحقيقة معطيات تلك المسألة، حيث نجد كل مسألة جدولة تعرَّف بمجموعة من الأعمال ومجموعة من الموارد، وطالما أنّه يراد برمجة تلك

---

[1]– د.محمد توفيق ماضي، إدارة الإنتاج والعمليات: مدخل اتخاذ القرارات، الدار الجامعية 1999 ص 280.

[2]– د.محمد صالح الحناوي ،د.محمد فريد الصحن ،مقدمة في الأعمال و المال ،الدار الجامعية 1999 ص 207-215.

الأعمال وجدولتها على الموارد الّتي عادة ما تكون محدودة خلال الزمن فسوف تبرز مجموعة من القيود الّتي يجب مراعاتها، وأخيراً من وراء كل عملية اتخاذ قرار نجد بالطبع هدف أو أهداف يراد تحقيقها.

وقبل الخوض في هذه المفاهيم الأربعة بشيء من التفصيل نحاول أولا تبيان الأهمية الّتي تحظى بها وظيفة جدولة الإنتاج والعمليات، وموقعها داخل المنظمة وعلاقاتها بمختلف الوظائف الأخرى إضافة إلى مراحلها الرئيسية.

2- أهمية جدولة الإنتاج والعمليات:

من المعلوم أنّ إدارة الإنتاج تسعى إلى تحقيق أعلى قدر من الكفاءة الإنتاجية وهو الهدف الّذي يمكن التوصل إليه من خلال عدة عوامل كالتنظيم الجيد لأسلوب الإنتاج والتحديد الدقيق والتعريف الجيّد لما يراد إنتاجه من منتجات وغيرها.

من بين تلك العوامل المساعدة على تعظيم الكفاءة الإنتاجية نجد مسألة الاستغلال الأمثل للموارد وهي المسألة الّتي تُمثل صُلب عملية الجدولة؛ ويمكن إبراز أهمية الجدولة بإبراز الآثار السلبية الّتي تنجم عن غيابها أو قصور في كفاءتها؛ فعدم كفاءة الجدولة سوف يؤدي إلى سوء استخدام الموارد المتاحة والّذي سوف ينعكس بدوره سلباً على درجة استغلال الطاقة حيث تكون هناك طاقات متاحة غير مشغلة في شكل آلات أو أفراد أو معدات أخرى عاطلة عن العمل، ولاشك أنّ ذلك يُعظم من النفقات الّتي تتحملها المنظمة وهو ما ينتج عنه ارتفاع تكاليف الإنتاج وبالتالي إضعاف القوة التنافسية للمنظمة.

كذلك فإنّ جدولة أو خطة غير فعالة سوف تؤدي، إضافة إلى ما سبق، إلى إبطاء العملية الإنتاجية داخل النظام ويكون ذلك عبارة عن تأخر عمليات التسليم والانتقال داخل النظام وبالتالي تأخر تسليم المنتوج في شكله النهائي أي إلى آجال ومواعيد غير محترمة، وهو الأمر الّذي يصب كذلك في غير مصلحة المنظمة في كل الأحوال، إذ أنّه يُسبب عدم رضا الزبون أو المتعاملين في حال تأخر آجال التسليم ممّا يفقد المنظمة جزءاً أو كُلاً من مصداقيتها وسمعتها التنافسية إضافة إلى ما يمكن أن تتحمله تلك المنظمة من تكاليف زائدة في حال

تطبيق عقوبة التأخير خاصة إذا كنا بصدد مشروعات كبيرة وذات أهمية بالغة، أمّا إذا ما أرادت المنظمة كسب ثقة العميل والحفاظ على سمعتها فسوف لن يكون أمامها إلاّ تعجيل عملية الإنجاز (الإنتاج) وتسريعها لغرض استدراك التأخر، على الأقل فيما يخص الأهم من الطلبيات أو المشاريع، وإنهاءها في موعدها وهو ما لا يكون إلاّ بالدفع أكثر أي بتحمل تكاليف أكبر لأنّ الأمر يستدعي تجنيد وتخصيص قدر أكبر من الموارد أو إحالة بعض العمليات على منظمات أخرى و ما إلى ذلك من أساليب.

بالمقابل، وعلى العكس ممّا سبق، فإنّ إعداد جدولة فعّالة سوف يمكّن من التخصيص الأمثل للموارد وبالتالي استغلالها استغلالاً أمثلاً، وإنجاز الأعمال والأوامر الإنتاجية في أحسن الآجال وبأقل تكلفة كما أنّها تساعد على السيطرة وضبط مجريات الأمور وبالتالي قيادة العملية الإنتاجية داخل الوحدة كونها تسهم إسهاماً فعالاً في العملية الرقابية؛ ومن الواضح في هذا الصدد أنّ جدولة فعالة للعمليات قد لا تجدي نفعا إذا لم تكن قد درسنا من قبل هذه العمليات لتعريفها وتحديد خصائصها بدقة. ويمكن الإطلاع أكثر على مزايا الجدولة بمعرفة الأهداف المتوخاة منها.

3- أهداف جدولة الإنتاج والعمليات:

موازاةً مع ذُكِر من أهمية ودور الجدولة في تفعيل العملية الإنتاجية والرفع من كفاءتها، يمكن الوقوف كذلك عن أهم ما تسعى هذه الوظيفة إلى تحقيقه من أهداف، فمن جملة هذه الأهداف وفي إطار سعيها الدائم إلى تخفيض التكاليف وتقوية المركز التنافسي للمنظمة، نجد وظيفة الجدولة تعمل أساسا على الحد من أو التقليل من الطاقات العاطلة للموارد المتاحة سواءاً كانت آلية أو بشرية وذلك بالسهر على أن تكون الآلات مشبعة قدر الإمكان لكن في حدود طاقتها، وبذلك نكون قد عملنا على ضمان أحسن استغلال لإمكانيات الإنتاج المتوفرة معبّراً عنه بنسبة عالية من استغلال الطاقة وكذا معدلات تشغيل مرتفعة للعمالة. وبالعمل على تدنية أوقات عطل الموارد تكون الجدولة قد عملت على تحقيق هدف آخر لا يقل أهمية عن سابقه ألا وهو تدنية حجم المخزون من المواد قيد الإنجاز وأن

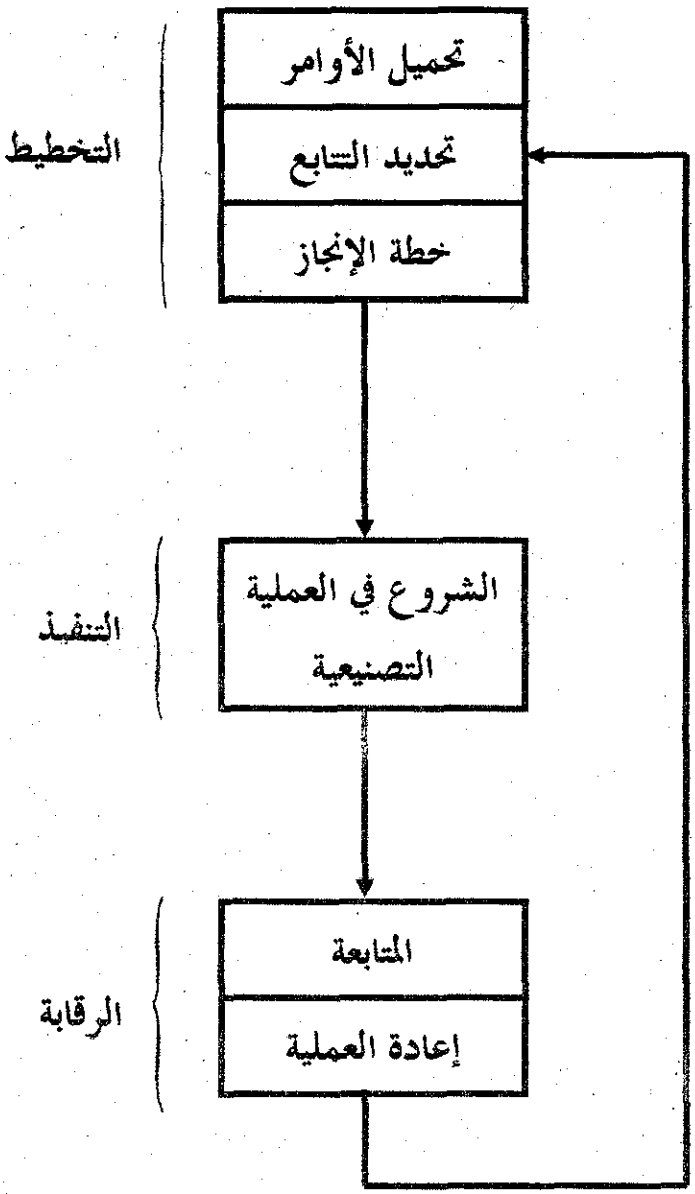
ليس هناك إلاّ ما هو ضروري من المخزون طالما أنّ الأوامر الإنتاجية تنتظر أدنى وقت ممكن بين عمليتين متتابعتين، فيقل بذلك رأس المال المستثمر في المخزون وتنخفض تكاليف المخزون.

أمّا في إطار السعي لكسب رضا الزبائن والمتعاملين فتسعى الجدولة الفعالة إلى احترام آجال التسليم المحددة بإنجاز كل الأوامر والطلبيات والنشاطات في وقتها المحدد، كما نجدها تعمل على تدنية الزمن المتوسط للمناولة داخل النظام، أي تدنية وقت انتظار الطلبيات والأوامر أمام مراكز الإنتاج بما يمكن من تقليص دورة التشغيل وتخفيض وقت الأداء الفعلي.

و إضافة إلى ما ذُكِر من أهداف رئيسية نجد الجدولة تحوي أهدافاً أخرى لعلّ أبرزها هو إعطاء لمحة ونظرة عن سير العملية الإنتاجية داخل النظام.

4- مراحل الجدولة:

تجري عملية الجدولة من خلال ثلاث مراحل رئيسية وهي متمثلة في الشكل التالي:



الشكل 1: مراحل عملية الجـــدولـــة.

المصدر: من وضع الطالب.

1-4 التخطيط:

وهي المرحلة الّتي تهدف إلى تحديد مختلف العمليات الواجب القيام بها وكذا التواريخ المناسبة لذلك والوسائل الواجب تجنيدها وتخصيصها، أكانت مادية أو بشرية. وفي ضوء هذه المرحلة الأساسية الّتي تعتبر لُب عملية الجدولة ومشْكلها الرئيسي تُتّخذ عدة قرارات مهمة تخص تحميل الأوامر الإنتاجية (الطلبيات) وتخصيصها وتوزيعها على مختلف أقسام الإنتاج بشكل يضمن أمثل تخصيص بما يمكّن من تدنية تكاليف التشغيل إلى أقل ما

يمكن أو إلى تعظيم الأرباح إلى أقصى ما يمكن؛ بمعنى أنّنا ومن خلال عملية التحميل نهدف إلى الإجابة عن التساؤل: من يقوم بماذا ؟، ويمكن القيام بذلك باستعمال طرق وأساليب رياضية معينة.

جانب آخر ونوع آخر من القرارات يُتخذ على صعيد هذه المرحلة ألا وهي القرارات المتعلقة بتحديد تتابع الأوامر الإنتاجية داخل النظام، والمقصود بذلك وضع ترتيب معين لتشغيل الأوامر الإنتاجية على المراكز الإنتاجية بإعطائها أولويات تشغيل، ويمكن القيام بهذه المهمة كذلك باستعمال تقنيات وطرق وخوارزميات خاصة، على حسب المسألة، لا تزال مفتوحة أمام اجتهاد المجتهدين لحد الساعة.

ولنا أن نشير في هذا المقام إلى أنه على عكس ما يمكن تصوُّره، فإنّ الجدولة بالمعنى الدقيق للكلمة تتعدى مجرد تحديد تتابع الأوامر الإنتاجية على مركز إنتاجي معين، إذ يصدق هذا المفهوم للدلالة على مسائل جدولة يكون فيها تدفق الأوامر الإنتاجية على مراكز الإنتاج ثابتا وهو ما يصطلح عليه إنجليزيا بـــ « Sequencing »؛ أمّا إذا كنّا نبحث عن إعداد جدول ساعي للإنتاج متزامن و متواقت على أكثر من مركز إنتاج وحسب خاصية الأوامر الإنتاجية فذاك ما تعنيه الجدولة بمفهومها الواسع وذاك القصد من وراء كلمة "Scheduling".

وتمثّل كل من مسألة تخصيص الأوامر الإنتاجية على مراكز الإنتاج ومسألة تحديد تتابع تلك الأوامر على المراكز الإنتاجية أساس مشكلة الجدولة إذ أنّه وبعد أن تكون هاتين المسألتين قد حُلّت سوف لن يكون أمامنا إلاّ وضع وترجمة الجدولة المحصل عليها في شكل خطة إنتاجية توضح وتعكس صورة ما يجب القيام به ومتى وأين ستؤدى كل عملية من العمليات؛ وبوضع تلك الخطة يكون قد تم تجاوز القسم الأكبر والعويص للجدولة وليس لنا إلاّ الانطلاق والشروع في العملية الإنتاجية.

2-4 التنفيذ:

وهي تقوم على ترخيص البدء في إنجاز وتنفيذ مختلف العمليات وجعلها قيد التشغيل وفق ما هو مبرمج وما هو معد من خطة أو جدول تصنيع ضمن المرحلة السابقة.

3-4 الرقابة:

كآخر مستوى قرار يتعلق بالعملية الإنتاجية، تهدف الرقابة أو ما يعرف كذلك بالقيادة الحقيقية للعمليات Pilotage en temps réel إلى إجراء مقارنة بين ما هو مخطط والتنفيذ الفعلي أثناء التشغيل، ويكون ذلك بمتابعة العمليات عن طريق الوقوف الدائم على حالة التشغيل ومتابعة برنامج العمل وتقييم الأداء وتسجيل الملاحظات والنتائج المحصل عليها واتخاذ إجراءات تصحيحية إذا استدعى الأمر ذلك؛ ففي إطار محيط مؤكد ومعلوم مسبقاً وكذا ذي اعتبار مسبق حال وضع الخطة الإنتاجية قلّما نجد فروق واقعية عما هو متنبأ به في الخطة وبالتالي سوف تسهل عملية ووظيفة قيادة العمليات داخل الوحدة الإنتاجية؛ لكن ونظراً لصعوبة وضع خطة سليمة مائة بالمائة، لسبب أو لآخر، كالطبيعة الصدفية لبعض الأمور وعدم التنبأ بها وتحديدها بدقة أو عدم أخذها على محمل الجد عند إعداد الجدولة (الخطة) أو حتّى مع مرور الزمن، فما هو صالح بالأمس ومتعارف عليه قد لا يكون كذلك باليوم لبروز معطيات جديدة وظروف مستجدة تجعل واقع الوحدة الإنتاجية يبعد شيئاً فشيئاً عن تلك الخطة؛ كل هذه الأمور وغيرها تدفع بالقائمين على إعداد الجدولة إلى إعادة النظر في خطتهم بما يمكّن من تعديلها وتحديثها أو تغييرها كليةً حتّى تصبح تتلاءم مع المعطيات الراهنة والظروف الحالية للمنظمة؛ وتعرف هذه العملية بإعادة الجدولة Réordonnancement الّتي قد تكون كل أسبوع مثلاً أو كل يوم أو حتّى، في بعض الأحيان في الوقت نفسه نظراً لطبيعة هذه الوظيفة وهو ما يدعى بالجدولة الآنية (في الزمن الحقيقي) Ordonnancement en temps réel.

5- علاقة نظام الجدولة مع مجالات القرار الأخرى:

تتطلب كفاءة وفاعلية قرارات الجدولة مراعاة اعتبارات متعددة أهمها تلك العلاقة الّتي توجد بين قرارات الجدولة والقرارات في المجالات الأخرى والتي تتصل بمجالات التنبؤ والتخطيط الإجمالي والمخزون والصيانة ومراقبة الجودة؛ ويمكن الوقوف على هذه الشبكة من العلاقات والتداخلات من خلال الشكل التالي الّذي يمثّل علاقة نظام الجدولة بمجالات

القرارات الأخرى، ويتبين منه أنّه يتم إعداد الجدولة استجابة للأوامر الفعلية للطلب والتي وصلت فعلاً من خلال طلبيات العملاء أو من خلال التنبؤات قصير ة الأجل بالطلب أو من كليهما معاً، و أنّ الشكل المعين للجدولة يتأثر بما توفره الخطة الإجمالية من طاقات في الأجل القصير (حجم قوة العمل، التعاقد من الباطن،...)، وبالمخزون المتاح، وبأنشطة الصيانة المطلوبة لاستمرار المحافظة على العمليات في أحسن حالات التشغيل.[1]

[1] – د.فريد عبد الفتاح زين الدين، مرجع سابق ص.ص264-265.

المصدر: Dervitsiotis, K.N., *Operations Management*. McGraw Hill Co., Tokyo, 1981.

المشار إليه في: د.فريد عبد الفتاح زين الدين، مرجع سابق، ص 265.

الشكل 2: علاقة نظام الجدولة مع مجالات القرار الأخرى.

المطلب الثاني: محيط وظيفة الجدولة.

لقد سبق بنا وأن استخلصنا حال استعراضنا لتعريف الجدولة أنّ هذه الوظيفة مبنية على أساس أربعة عناصر رئيسية تمثل محيطها العام، ويمكن التفصيل في تلك العناصر على النحو التالي:

1- الأوامر الإنتاجية OF:

كمكون رئيسي لمسائل الجدولة، يعبر الأمر الإنتاجي عن مجموع العمليات الواجب إجراءها وفقاً للترتيب أو التسلسل المبين في تشكيلة (طريقة) التصنيع Gamme de fabrication وبهذا تعبِّر العملية عن نشاط بسيط يحمل ثلاثة خصائص رئيسية (مدة العملية، نوع الآلة أو الوسائل المستعملة، الانتساب إلى أمر إنتاجي معين)؛ ومن هنا نستخلص أنّ ذلك النشاط البسيط أو العملية إنّما يوافق في الواقع مرور الأمر الإنتاجي على آلة معينة. وعلى حسب الحال قد يكون الأمر الإنتاجي يعبر عن عملية واحدة فقط وبذلك لا يستدعي تدخل سوى مركز إنتاجي واحد فقط (آلة واحدة)، أو عن عدة عمليات مكونة له مستوجباً بذلك المرور على عدة مراكز إنتاج (عدة آلات) على أن يؤدي كل مركز من هذه المراكز عملية واحدة فقط من تلكم العمليات.

ويمكن حصر المعلومات أو المعطيات الّتي تُعطي وصفا كاملاً للأمر الإنتاجي على النحو التالي[1]:

◊ تشكيلة أو طريقة التصنيع : Gamme de fabrication:

أي تتابع العمليات الواجب إجراءها وكذا مراكز العمل الضرورية؛ الأوقات المقدرة للعمليات؛ أجل التصنيع المقدر (والّذي يحوي بدوره أوقات أو أزمنة العمليات، كل من أوقات الانتظار والنقل والانطلاق في العملية الإنتاجية) والموارد الضرورية (أهلية العمال، إضافة إلى الآلات، المواد،...)؛ وقد تكون هناك بعض الأحيان تشكيلات تصنيع بديلة (مثلا إجراء عملية معينة على الآلة الأولى أو الثانية).

---

[1] - Yves Crama , Eléments de gestion de la production , Notes de cours , Ecole d'administration des affaires , Université de Liège, 2002-2003 p : 83.

ويعكس الشكل التالي تشكيلات تصنيع ثلاثة أوامر إنتاجية مختلفة من حيث أنّها تتكون من عملية صناعية واحدة أو أكثر أو من حيث كونها تستدعي المرور على آلة واحدة أو أكثر.

- 1 Phase mettant en jeu 1 moyen :

Entête de gamme			
Phase	Moyen	Temps	Mode opératoire
10	M_1	mn	xx.....

- n Phases mettant en jeu 1 moyen :

Entête de gamme			
Phase	Moyen	Temps	Mode opératoire
10	M_1	mn	xx.....
20	M_1	mn	xx.....
30	M_1	mn	xx.....
40	M_1	mn	xx.....

- n Phases mettant en jeu n moyen :

Entête de gamme			
Phase	Moyen	Temps	Mode opératoire
10	M_1	mn	xx.....
20	M_3	mn	xx.....
30	M_5	mn	xx.....
40	M_2	mn	xx.....
50	M_4	mn	xx.....

الشكل 3: نمـــاذج عن تشكيلات التصنيع.

المصدر: Georges Javel, Organisation et gestion de la production: *cours avec exercices corrigés*, Dunod, 2ème édition 2000, p148.

◊ معطيات غير تقنية:

الوقت المبكر للبدء في الأمر الإنتاجي date de début au plutôt de l'OF (الانتظار مثلاً إلى حين توفر المواد، أو إلى غاية إتمام إنجاز عملية قيد الإنجاز على مركز سابق،...)؛ تاريخ استحقاق أو موعد تسليم الأمر الإنتاجي (محدد في الطلبية حين تمريرها على سبيل المثال، أو من قبل مخطط أسلوب تقدير المستلزمات MRP)؛ معامل ترجيح (أولوية) الأمر الإنتاجي (يتعلق بمدى أهمية الطلبية، أو على حسب ما إذا كان الإنتاج من أجل التخزين أو الإنتاج حسب الطلبية).

وفي ذات الصعيد دائماً، عادة ما يتم التمييز بين صنفين من الأوامر الإنتاجية حال معالجتها ينبثق عنهما نمطين من الجدولة كما يلي:

- **جدولة مع انقطاع Ordonnancement préemptif:**

في هذا النمط من الجدولة يمكن للقائم على إعداد الجدولة قطع إنجاز أمر إنتاجي معين (أي توقيفه ثمّ إعادة تشغيله لاحقا)، دون أن يستدعي الأمر الإنتاجي ذلك، لغرض الشروع في أو استئناف معالجة أمر إنتاجي آخر أكثر أولوية من الأوّل[1].

ولنفترض مثلا أنّ أمراً إنتاجياً معيناً هو قيد التشغيل على آلة ما في الزمن t ثمّ برز هناك أمر إنتاجي آخر في حالة إستعجالية يستوجب المرور في نفس الوقت t على ذات الآلة؛ فنقول حينئذ أنّ الطبيعة الاستعجالية لهذا الأمر سوف توجب وقف معالجة الأمر الأول على تلك الآلة مؤقتاً على أمل استكمال العملية بعد تمرير الأمر المستعجل (صاحب معامل أولوية أكبر من الأول). وتشيع مثل هذه الحالات في قطاع الخدمات كالمستشفيات مثلاً (حالة الطوارئ، ...).

[1] - Francis Cottet, Joëlle Delacroix, Claude Kacser et Zoubir Mammeri, ordonnancement temps réel , cours et exercices corrigés, Hèrmes Sciences Publications, Paris, 2000 ;p : 185.

- **جدولة دون انقطاع Ordonnancement non préemptif:**

على العكس من الحالة السابقة نقول عن الجدولة أنّها غير متقطعة (غير مشفعة) إذا لم يكن بالإمكان توقيف إنجاز عملية ما لاستثنافها لاحقا.

2- الموارد:

تعبِّر الموارد عن مدخلات أي نظام إنتاجي، وهي تتلخص في اليد العاملة، رأس المال، المواد، الآلات، وأخيرا المعلومات؛ وتعد الموارد عنصراً ضرورياً للقيام بالعملية الإنتاجية، وكما رأينا يستدعي إنجاز الأمر الإنتاجي تدخل مجموعة من الموارد، غير أنّ ما يميز الموارد هو اتصافها بالندرة أي توفرها بكميات محدودة مع إمكانية الاختلاف في مدى ذلك ممّا يوجب معرفة مسبقة بمنحى توفرها.

تتفرع الموارد من حيث طبيعتها إلى فرعين رئيسيين:

2-1 موارد مستهلكة Ressources consommables:

وهي تلك الموارد الّتي بعدما يتم تخصيصها لأداء عملية ما تنقضي وتصبح غير متاحة ثانيةً لإنجاز عمليات أخرى؛ فهي بذلك تُستعمل مرةً واحدة فقط كما هو الشأن بالنسبة للمواد الأولوية، أو النقود...

2-2 موارد متجددة Ressources renouvelables:

وهي موارد دائمة الاستعمال جاهزة لأن تُستعمل لمراتٍ عديدة كاليد العاملة والآلات ومختلف التجهيزات؛ وتنقسم الموارد المتجددة بدورها في موضوع الجدولة إلى صنفين:

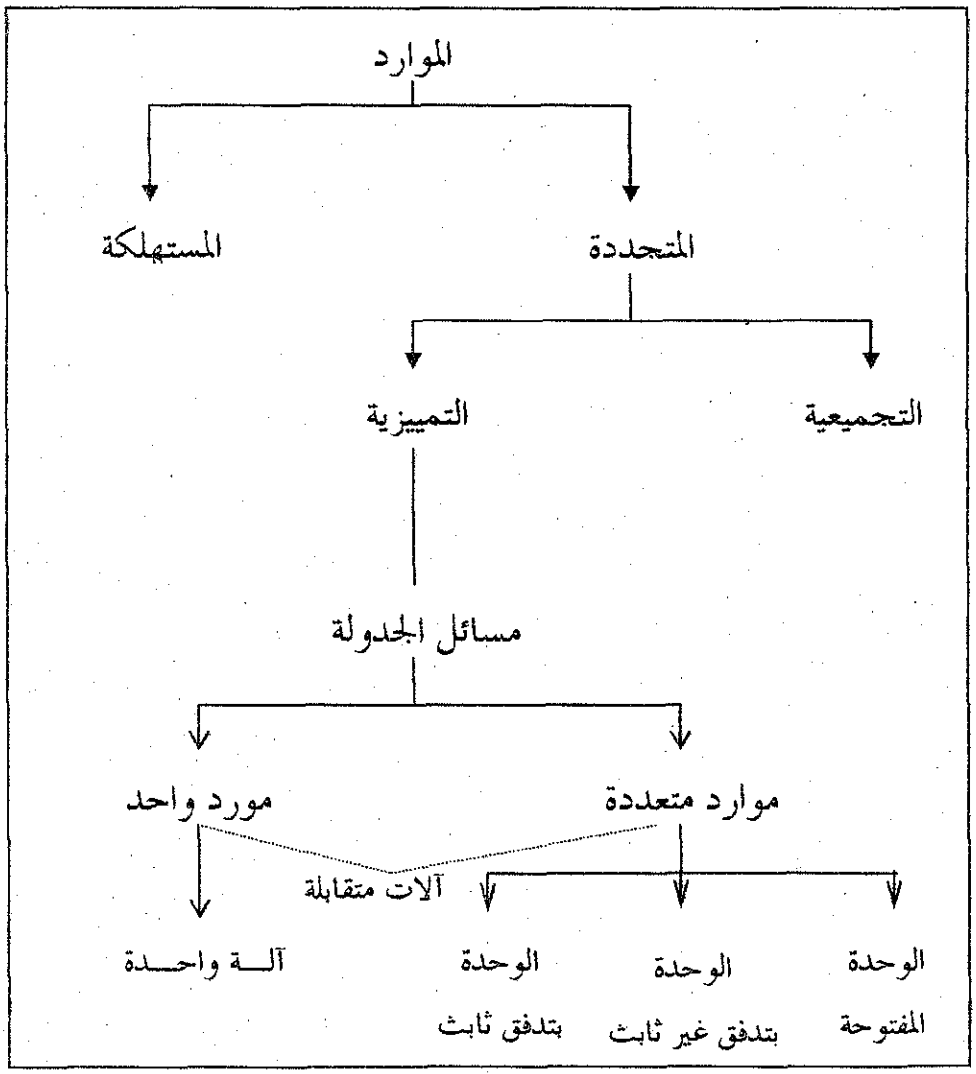
- **موارد متجددة تجميعية Ressources renouvelables annulatives:**

وهي الّتي بإمكانها تنفيذ ومعالجة عدة عمليات مثل معالجة عدة أوامر إنتاجية في آن واحد (فرن مثلا تتجمع فيه عدة قطع تستوجب المرور عليه في آن واحد)، أو أمر إنتاجي واحد لكن بكميات كبيرة.

- **موارد متجددة تمييزية Ressources renouvelables disjonctives:**

وهي الّتي ليس بمقدورها معالجة سوى عملية واحدة في آن واحد، آلة مثلا ليس بإمكانها معالجة أكثر من أمر إنتاجي واحد في نفس الوقت؛ ويشكل هذا الصنف الثاني من الموارد المتجددة مسائل الجدولة المطروحة على مستوى الوحدات الإنتاجية، وهي المسائل الّتي سوف نخوض فيها في الفصل الثاني من هذه المذكرة.

ويمكن توضيح مختلف أصناف الموارد الّتي ذكرنا من خلال الشكل التالي:



الشكل 4 : أنماط مسائـــل الجدولـــــة على حسب طبيعة الموارد.

المصدر: Patrick Esquirol, Pierre Lopez, op. cit. p15

3- القيود:

تمثّل القيود محور مختلف المسائل الّتي ينبغي اتخاذ قرار بشأنها من حيث أنّها تحد من هامش الحلول الممكنة المتاحة أمام متخذ القرار، فعدم وجود قيود تحدِّد الإطار العام للمسألة الّذي لا ينبغي تجاوزه يعني في الواقع عدم وجود مشكلة تستوجب الحل طالما أنّ متخذ القرار سوف يتمتع في هذه الحالة بحُرية مطلقة في اتخاذ قراره.

ففي خصوص موضوع الجدولة يمكن تصنيف القيود الّتي يجب مراعاتها في خانتين رئيسيتين: أولاهما ذات علاقة بالزمن وتعرف بالقيود الزمنية، وثانيهما متعلقة بالموارد.

3-1 القيود الزمنية:

يتعلق هذا النوع من القيود بالتوقيت المقرر لإنجاز الأوامر الإنتاجية، إذ يجب تقدير الزمن الّذي سوف يستغرقه الأمر الإنتاجي داخل النظام ومعرفة تاريخ استحقاقه وما إلى ذلك من معطيات ضرورية تعكس كلها حالة الأمر الإنتاجي من الناحية الزمنية كضرورة تحديد الوقت المبكر والمتأخر لبدايته وكذا الوقت المبكر والمتأخر للإنتهاء منه، تماما كما يجب معرفة العلاقة الّتي قد توجد بين الأوامر الإنتاجية والتي تحدد موقع أمر إنتاجي معين بالنسبة للآخر من الناحية الزمنية، وهو ما يعرف بقيود الأسبقية الواجب مراعاتها عند عملية الإنجاز؛ وفي حال وُجدت تلك العلاقة بين أمرين إنتاجيين معينين أو عدة أوامر فما هي طبيعتها ؟ فقد يمكن البدء في الأمر الإنتاجي اللاحق مباشرة بعد الانتهاء من الأمر الأول، وعلى ذلك يكون التسلسل مباشرا بين الأمرين أو قد لا يمكن البدء في الأمر اللاحق إلاّ بعد الانتهاء من معالجة الأمر الأول بفترة زمنية فاصلة بينهما وما إلى ذلك من حالات يمكن أن تفرض نفسها. وعلى أية حال سوف نعود إلى هذا الجانب من القيود مفصّلين فيه أكثر عند التطرق لموضوع جدولة أنشطة المشروع في الفصل الثالث من هذه الدراسة.

2-3 قيود محدودية الموارد المتجددة:

تمثّل الموارد محور عجلة الاقتصاد ومشكلُها الرئيسي نظراً لاتصافها بالندرة ممّا يستوجب مراعاتها حق رعايتها والعمل على استغلالها أحسن استغلال وتخصيصها أمثل تخصيص، إذ أنّ مشكل تخصيص الموارد يمثل أحد أهم المعضلات المطروحة على كافة المستويات.

وبذلك تفرض الموارد قيوداً من نوع آخر جديرة بالاهتمام تتعلق بمدى وفرتها؛ ففي هذا الخصوص نهتم أكثر بما هو متجدد من موارد نظراً لأنّ هذا النوع من الموارد يمثّل أغلب مسائل الجدولة. فعلى حسب طبيعة تلك الموارد نميز القيود التمييزية عن تلك التجميعية.

3-2-1 القيود التمييزية:

والمقصود منها عدم تزامن أمرين إنتاجيين على نفس المورد (آلة مثلا)؛ فإذا كان لدينا مثلا أمرين إنتاجيين OF1 و OF2 يستدعيان المرور على الآلة A في نفس الزمن t لمعالجتها، فإنّه لا يمكن تحميل الآلة كلا الأمرين الإنتاجيين في نفس الوقت كونها غير قادرة إلاّ على استقبال ومعالجة أمر إنتاجي واحد فقط في ذلك الزمن، وهذا بيّن في تعريف الموارد التمييزية؛ فيجب إذن اختيار أحد الأمرين OF1 أو OF2 لتحميله على الآلة A بينما يُترك الأمر الإنتاجي الآخر لوقت لاحق، لحين الانتهاء من معالجة الأمر الّذي تم تحميله. ولنا أن نشير في هذا الخصوص إلى أنّ اختيار أحد الأمرين الإنتاجيين إنّما يتم باستعمال بعض القواعد تعرف بقواعد الأولوية.

3-2-2 القيود التجميعية:

على الرغم من أنّ الموارد التجميعية قادرة على الجمع بين ومعالجة عدة أوامر إنتاجية في آن واحد بخلاف التمييزية، فإنّه يجب رغم ذلك مراعاة منحى توفر هذا النوع من

الموارد، إذ لا يمكن تحميل آلة معينة مثلاً عدداً لا متناهياً من الأوامر الإنتاجية في نفس الوقت نظراً لأنّ طاقة تلك الآلة تكون محددة في الزمن.

وبذلك نستنتج أنّ هذا النوع من القيود سوف يحتّم علينا عدم اختراق طاقة الموارد وتحميل الآلة ما لا طاقة لها به؛ أي تحقق الشرط التالي:

$$\forall t \text{ et } \forall i : \sum_{j \in \Omega i(t)} a_{ij} \leq A_i(t)$$

a_{ij}: الكثافة الّتي يستدعيها الأمر j على الآلة i؛

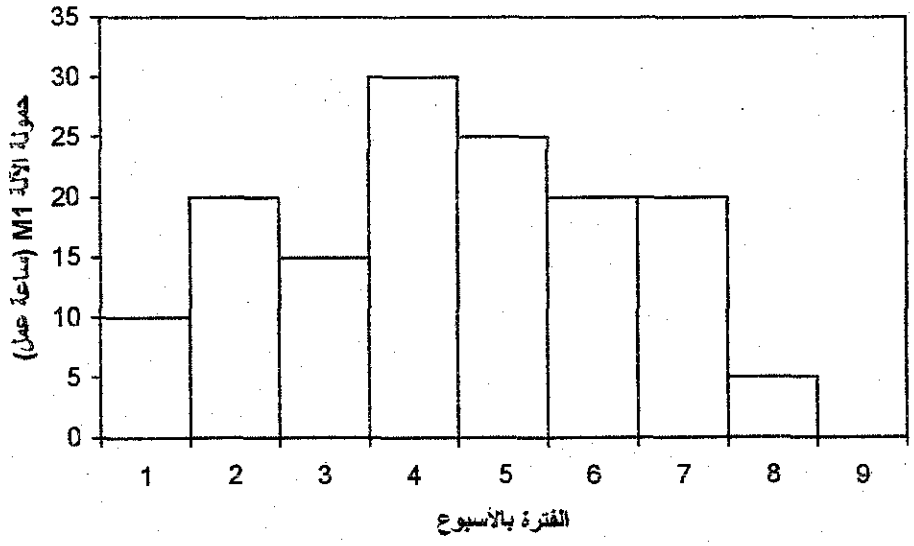
بافتراض أنّ i ثابت (i = 1) أي آلة واحدة فقط؛ فإنّ حمولة مجموع العمليات المراد جدولتها على هذه الآلة يجب أن لا تتعدى طاقة هذه الآلة.

avec : $\Omega_i(t) = \{j | j \text{ utilise } i \text{ et } t_{ij} \leq t < t_{ij} + p_{ij}\}$

P_{ij}: مدة معالجة الأمر j على الآلة i.

t_{ij}: تاريخ البدء في معالجة الأمر j على الآلة i.

بيانياً يمثّل الشكل (5) منحنى الأعباء المقدرة على الآلة M_1 خلال 8 أسابيع قادمة معبر عنها بساعات عمل.



الشكل 5: منحنى أعباء الآلة M1

المصدر: من وضع الطالب.

يبيِّن الشكل أنّ للآلة M1 طاقة قصوى تقدر بـــ 30ساعة عمل أسبوعياً لا ينبغي اختراقها (في ظروف التشغيل العادية)، ويتم الوصول إلى تلك الطاقة القصوى في الأسبوع الرابع من التشغيل وبالتالي تحقيق التشغيل الكامل لهذه الآلة خلال هذا الأسبوع حيث نقول أنّ الآلة في هذه الحالة مشبعة وليس بإمكاننا أي تحميل إضافي لها؛ ويمكن القول إذن أنّ الآلة على طول الأسبوع الرابع تكون مشغلة أحسن استغلال مقارنة مع باقي أسابيع العمل.

4- التوفيق بين الطاقة والأعباء:

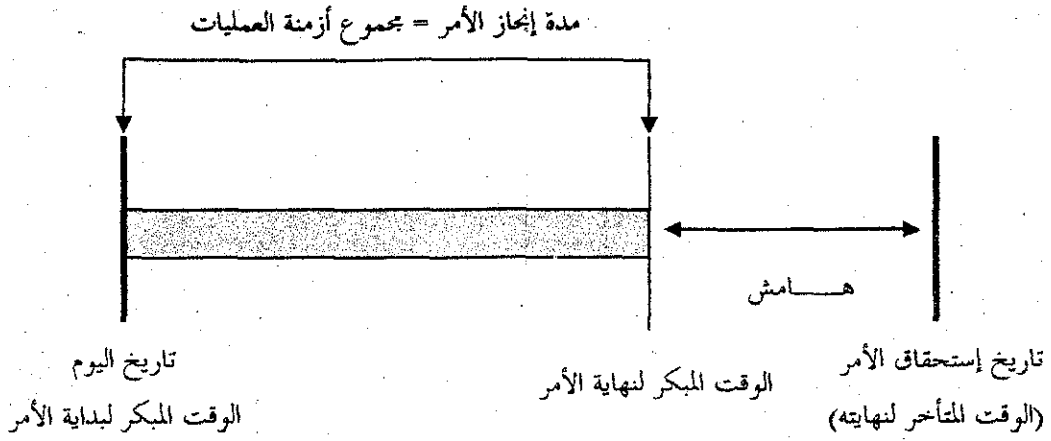
4-1 طرق برمجة العمليات:

تبيِّن لنا طرق برمجة العمليات الكيفية الّتي يتم بها تحديد موقع العمليات الواجب إنجازها في خلال الزمن بما يمكن من تحديد التواريخ الممكنة لإنجاز الأمر الإنتاجي؛ ويمكّن القيام بهذه العملية مبدئياً من معرفة ما إذا كان بمقدور المنظمة معالجة الأوامر الإنتاجية في مراكز الأعباء "postes de charge" كما أنّها تقدم الهامش المتعلق بالتشغيل المستقبلي للأمر الإنتاجي.

- **البرمجة وفق وقت مبكر:**

أين ننطلق من تاريخ البداية المبكر للأمر الإنتاجي ثمّ نتقدم إلى الأمام مضيفين جميع أزمنة العمليات المكونة للأمر حتّى نصل إلى أقرب تاريخ يمكن الانتهاء فيه من إنجاز ذلك الأمر الإنتاجي[1].

[1]- Francis Lambersand, Organisation et génie de production : concepts d'optimisation des flux industriels par stok zéro , délai zéro, Ellipses, 1999 ;p : 70.



الشكل 6: برمجة العمليات وفق وقت مبكر

المصدر: مقتبس بشيء من الزيادة من المرجع السابق، ص70.

يمكّن هذا المنطق في البرمجة من الإجابة على السؤال: ما هو التاريخ المبكر للانتهاء من الأمر الإنتاجي حيث أنّ العمليات مجدولة وفق أقرب وقت مبكر ممكن.

وتمثل النقاط التالية إيجابيات وسلبيات هذه البرمجة:

-الإيجابيات:

- استعمال الهامش لمعالجة ومجابهة مصادفات الإنتاج.

-السلبيات:

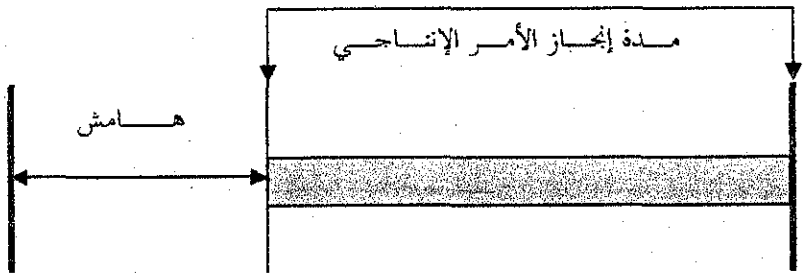
- كميات كبيرة من المخزون النهائي وقيد الإنجاز؛
- أي بروز لطلبيات مستعجلة سوف يخل بنظام الجدولة.

- **البرمجة وفق وقت متأخر:**

في هذه الحال ننطلق من التاريخ الموعود للانتهاء من الأمر الإنتاجي الّذي يصادف تاريخ دخوله إلى مخزن المنتجات النهائية، ثمّ نتراجع في الزمن إلى الخلف عن طريق خصم مختلف أزمنة العمليات للوصول إلى

تاريخ البدء المتأخر للأمر؛ وهذا الخيار لا يُطبَّق إلاّ على الأوامر غير المتأخرة الّتي يستحسن تحميلها تحميلاً مبكراً.[1]

استعمال هذا الخيار في البرمجة سوف يجيب على التساؤل: متى يجب البدء في إنجاز الأمر الإنتاجي حتّى يتسنى إتمامه في التاريخ الموعود ؟ فأي تأخير عن تاريخ البدء المحدد سوف يقود إلى تأخير في استلام الأمر ما لم يتم تدارك الوضع.



الشكل 7: البرمجة وفق وقت متأخر.

المصدر: نفس المصدر السابق، ص71، و بشيء من الزيادة كذلك.

وعلى العكس من سابقه فإنّ هذا النمط من برمجة العمليات يؤدي إلى مستويات متدنية من المخزونات النهائية وقيد الإنجاز، كما يتيح فرصة استغلال الهامش في بداية الفترة في معالجة الطلبيات المستعجلة أو المتأخرة، غير أنّه ينطوي على خطر كبير يتمثل في إمكانية تجاوز تاريخ الاستحقاق.

كما سبق فإنّ طرق برمجة العمليات سوف تُعطي للقائمين على تسيير الوحدة الإنتاجية صورة عن مدى إمكانية احترام آجال التصنيع المتفق عليها في ظل ظروف تشغيل عادية حيث يمكن استقراء أي تأخر محتمل من الشكلين السابقين على النحو الموالي:

[1] - Francis Lambersand,op.cit.p:71.

-إذا كانت البرمجة تتم وفق وقت مبكر، يكون تاريخ الانتهاء المبكر للطلبية واقعاً خلف تاريخ استحقاقها معبِّراً بذلك عن عدم إمكانية احترام أجل التسليم و أنّ أي قبول لمثل هذه الطلبية سوف يؤدي حتماً إلى تأخر في إنجازها واستلامها؛

-إذا كانت البرمجة تتم وفق وقت متأخر: الطلبيات غير الممكن احترام آجال تسليمها سوف تفترض أن يكون قد تم البدء في إنجازها قبل تاريخ اليوم أي قبل الوقت المبكر لبداية الطلبية.

وفي كلتا هاتين الحالتين سوف لن يكون هناك أي هامش، بل سيكون الهامش سالبا من وجهة نظر رياضية، وفي حال أن تحققت مثل هذه الحالات يجب إعادة النظر في آجال التسليم مع المعنيين أو إعادة النظر في الجدولة أو الخطة الموضوعة عن طريق تعديلها أو تغييرها، أو إذا اقتضى الأمر عدم قبول مثل هذه الطلبيات.

طريقة أخرى من طرق البرمجة يمكن أن تفرض نفسها حيث قد يكون من الأهمية بمكان في بعض الحالات أن نولّي اهتماماً خاصاً ببعض الموارد ذات ميزة خاصة مقارنة مع باقي الموارد؛ نتحدث إذن عن موارد حرجة تُشكِّل في الغالب نقطة اختناق كآلة خاصة باهضة الثمن أو معدات ذات معدل اهتلاك مرتفع أو ذات طاقة أقل من الأعباء المعتادة.

في هذه الحال تكون البرمجة على حسب العملية المحورية أولاً وفق المنهج التالي:[1]

-يتم أولاً تحديد موضع العمليات الواجب إجراءها على المورد الحرج على حسب وفرة هذا الأخير؛

-بعد ذلك نحدد موضع العمليات الواجب إنجازها قبل المورد الحرج انطلاقاً من بداية العمل على هذا المورد، وذلك باستعمال طريقة البرمجة وفق وقت متأخر؛

-أخيراً يأتي دور العمليات الواجب إجراءها بعد المورد الحرج انطلاقاً من بداية العمل عليه معتمدين على طريقة البرمجة وفق وقت مبكر.

[1] - Manuel de Gestion, *volume2*, Armand et al ; livre7 « Gestion de la Production », Pierre-Marie Gallois et *al*, Ellipses, 1999, p678.

2-4 قواعد الأولية:

تعد قواعد الأولوية من أهم العناصر المؤثرة على وظيفة الجدولة و نتيجتها النهائية، و تبرز أهمية إستعمال هذه القواعد ببروز صف انتظار أمام مركز خدمات في زمن معين، و قلّما لا يُطرح هذا المشكل في مسائل جدولة الوحدات الإنتاجية (اللهم إلا إذا كانت الوحدة الإنتاجية دون مستوى طاقتها) أين تكون هناك في كثير من الحالات عدة عمليات مرشحة للتخصيص في زمن معين على آلة ما.

و عادة ما يتم التميز في هذا الجانب بين [1] :

– القواعد المحلية و القواعد الإجمالية: حيث تعد القاعدة محلية إذا لم تأخذ بعين الإعتبار إلا المعطيات المحلية الخاصة بصف الإنتظار، بخلاف تلك التي تراعي حمولة الآلة اللاحقة؛

– القواعد الستاتيكية و الديناميكية: حيث تعتبر القاعدة ستاتيكية إذا بقية قيمة الأولية ثابتة خلال الفترة الذي يقضيها الأمر في صف الإنتظار، أما القاعدة الديناميكية فيمكن أن تحتفظ بنفس الترتيب الموجود بين أمرين إنتاجيين معينين لكن ورود أي أمر جديد إلى صف الإنتظار يوجب تحديث قيم الأولوية بما يتوافق مع المعطيات المستجدة.

و فيما يلي ذِكراً لأهم قواعد الأولوية التي تستعمل في مسائل الجدولة:

- TWK(Total work): أقل مدة إجمالية لإنجاز الأمر؛
- EDD(Earliest Due-Date): حسب أقرب موعد لتسليم الأمر؛
- FIFO(First In First Out): الوارد أولاً ينجز أولاً؛

[1] - Blackstone J.H., Philips D.T. et Hogg G.L., « A state of the art survey of dispatching rules for manufacturing job-shop operations», *International Journal of Production Research,1982.* cité à : Pierre Lopez, Francois Roubellat : Ordonnancement de la production , Paris, Hermes Sciences Publications , 2001.p:185-187.

- LIFO(Last In First Out): الوارد أخيراً ينجز أولاً؛
- SPT(Shortest Processing Time): العمليات التي يلزمها وقت قصير أولاً؛
- LPT(Longest Processing Time): العمليات ذات أطول وقت أولاً؛
- LWKR(Least Work Remaining): أقل إجمالي أوقات العمليات المتبقية لإنجاز الأمر؛
- MWKR(Most Work Remaining): أكبر مجموع أوقات العمليات المتبقية لإنجاز الأمر؛
- FOPNR(Fewest Operations Rmaining): ترتيب الأوامر حسب اقل عدد من العمليات المتبقية.

3-4 الطاقة المحدودة وغير المحدودة:

تُكتمل عملية برمجة العمليات بإعطاء تقدير الأعباء المنتظر أن يتحملها كل مركز إنتاجي خلال فترة التخطيط (اليوم، الأسبوع،...) ويتم ذلك التقدير بالاعتماد على المعطيات الموجودة في تشكيلات تصنيع الأوامر الإنتاجية من زمن العمليات وغيرها؛ لكن الإشكال الّذي يُطرح الآن هو: هل ما هو مقدر من أعباء يمكن فعلاً تحمله من قبل ما هو متاح من طاقة ؟ إذ يجب أن نعلم أنّ برمجة العمليات وتحميلها لا تراعي في الواقع الطاقة المحدودة لمراكز الإنتاج؛ فإذا كان الجواب عن هذا الإشكال بنعم، أي أنّه بإمكان مراكز الإنتاج تحمُّل الأعباء المقدرة لها سواءاً ذلك أكانت هذه المراكز محملة كلّيةً أو دون مستوى طاقتها، سوف لن يطرح حينئذ مشكل في التخطيط وما علينا إلاّ التصديق على التحميل المحدد وتثبيت الأوامر الإنتاجية.

وعلى العكس من هذا إذا كان الجواب بلا، أي في حال ما إذا لم يكن بإمكان مراكز الإنتاج أن تتحمل ما هو مقرر لها من أعباء نظراً لأنّها تفوق طاقتها؛ فحينئذ لا يمكن إنجاز جميع الأوامر الإنتاجية ولا إعداد جدولة إذن قبل إجراء تسوية للطاقة مع الأعباء بغرض المرور من طاقة غير محدودة إلى طاقة محدودة.

وعلى هذا الأساس نرى كيف أنّ مسائل الجدولة تستوجب الأخذ، وبصفة جلية، طاقة كل مركز من مراكز الإنتاج بعين الاعتبار، خلاف الحاصل عن إعداد خطة إجمالية للإنتاج أو مخطط أسلوب تقدير المستلزمات MRP أين لا يتم مراعاة قيود الطاقة؛ لذلك تعرف الجدولة في بعض الأحيان على أنّها تخطيط محدود الطاقة (Planification à capacité finie)[1].

4-4 تقنيات تسوية الطاقة:

إذا كانت الحياة العملية تستوجب طاقة (تفرض أعباء) تفوق تلك المتاحة من قبل مركز أو مراكز إنتاجية معينة خلال فترة زمنية معينة حيث يستعصي تحمل جميع تلك الأعباء في ظل ظروف التشغيل العادية؛ فإنّه لا مناص إذ ذاك من اللجوء إلى سياسات مختلفة تمثل حلولاً لمثل هذه الوضعيات بتسوية طرفي المتراجحة "طاقة – أعباء" كي يتسنى القيام بجميع ما هو مطلوب.

من بين تلك السياسات نذكر على سبيل المثال لا الحصر ما يلي:

- الشروع المبكر، أو المتأخر، في العملية الإنتاجية بتعجيل أو تأخير العمليات الّتي تشكّل خرقاً لطاقة المركز الإنتاجي المعين، وذلك بانتهاج سياسة تحميل مبكرة أم متأخرة، وينجم عن هذا تعديل في أسلوب تقدير المستلزمات.
- كما يمكن اللجوء إلى ساعات إضافية من العمل إن أمكن ذلك أو التعاقد مع منظمة أخرى بإيعاز جزءاً من النشاط إليها Sous-traitance ؛ وعادة ما يتم اختيار أحد هذين الأسلوبين بإجراء تحكيم بين ما تعادله الساعات الإضافية للتشغيل من تكلفة و تكلفة ما تقدمه لنا المنظمات الأخرى الموكّل إليها المهام.
- الرفع من الطاقة الحقيقية للإنتاج بإضافة معدات وآلات جديدة أو إلى التوظيف المؤقت مثلاً من ناحية الموارد البشرية.

---

[1] - Yves Crama ,op. cit. P : 82.

- سياسات أخرى، كتدنية زمن صيانة الآلات وتعييرها، إن أمكن، أو اللجوء إلى طرق تصنيع بديلة في حال وجود أكثر من آلة قادرة على إنجاز نفس العملية لكن بتأهيل مختلف وبالتالي بزمن مختلف؛ أو شراء بعض أو كل مكونات المنتوج النهائي من السوق بدلاً من تصنيعها؛ أو في أقصى الظروف تعديل أو تغيير مخطط الإنتاج الإجمالي.

5- دالة الهدف:

سبق وأن أوردنا أنّ الجدولة تهدف أساساً إلى ضمان الاستعمال الأمثل للموارد؛ مواجهة الطلب في أقرب الآجال والسهر على احترام الآجال؛ فلأجل ذا يُنظر إلى الجدولة على حسب مقدار ما توفّره من تكاليف للمؤسسة أو ما تحققه من أرباح ناجمة عن كفاءة إعدادها؛ إلاّ أنّه ولّما كان يصعب تقدير هذين المعيارين الاقتصاديين (التكاليف والأرباح) تقديراً دقيقاً، كون التخطيط في مسائل جدولة الوحدات الإنتاجية يتعلق بفترات زمنية قصيرة جدا قد تكون أحيانا فورية آنية، فإنّه يتم استعمال معايير أخرى ذات صبغة تنظيمية أكثر منه اقتصادية محضة لتقييم أداء وجودة الجدولة الموضوعة.

من بين تلك المعايير نجد مثلا: المدة الإجمالية للإنجاز، مدة انتظار الأوامر الإنتاجية داخل النظام أو كذلك تأخر إنجاز الأوامر الإنتاجية وغيرها من المعايير الّتي سوف نسوقها في قالب كمي في الفصل الثاني المتعلق بجدولة الوحدات الإنتاجية.

المبحث الثاني: حل مسائل الجدولة و تمثيلها بيانياً.

المطلب الأول: طرق حل مسائل الجدولة.

تاريخيا، لقد اهتمت بحوث العمليات باتخاذ القرارات العلمية لتصميم ووضع أنظمة المعدات والقوى العاملة وفقاً لشروط معينة تتطلب تخصيص الموارد المحدودة بشكل أمثل[1] ؛ وفي الواقع لقد ساهم هذا الفن بشكل كبير في تطوير مبادئ إدارة الإنتاج والعمليات وبخاصة في الفترة الّتي تلت الحرب العالمية الثانية الّتي شهدت انتشاراً واسعاً في استخدام الأساليب الرياضية وأدوات بحوث العلميات في حل مشكلات الإنتاج المعقدة كاستخدام أسلوب البرمجة الخطية في معالجة مسائل تخصيص وجدولة الموارد المحدودة داخل النظام الإنتاجي ومسائل النقل وغيرها؛ ولقد شهدت بحوث العمليات بدورها اتساعا وتطورا في أساليبها وتفرُّعاً في شُعبها.

وما كان له بالغ الأثر في إقحام الأسلوب العلمي جليًّا في مجال الإدارة هو التطور الهائل في مجال الإعلام الآلي ونظام المعلوماتية حيث أصبح بالإمكان حل عدة مسائل اتخاذ قرار عن طريق الحاسب الآلي في دقائق أو أقل مع التوصل إلى نتائج جد مرضية بعد أن كان حلها يستوجب ربما شهورا، بل وأعواما مثل جدولة المشاريع الصناعية الكبرى، هذا إن لم يكن مستعصيا على الإطلاق، ناهيك عمّا يمكن توفيره من تكلفة.

أمّا الجدولة فهي تعبر عن المسائل التوفيقية الّتي تبحث عن الحلول المثلى Optimisation Combinatoire، يمكن صياغة أغلبها على شكل برامج خطية بمتغيرات صحيحة؛ غير أنّ صعوبة حل مثل تلك البرامج مباشرة عن طريق خوارزميات جعلت نظرية الجدولة تبرز كفرع انفرد عن بحوث العمليات بمناهجه وأساليبه الرياضية الخاصة به[2].

---

[1] – فتحي خليل حمدان، رشيق رفيق مرعي، مقدمة في بحوث العمليات، دار وائل للنشر، الطبعة الثانية 1999. ص:15.

[2] - Yves CRAMA, Lionel DUPONT et Gerd FINKE « Recherche opérationnelle et gestion de la production », Article préparé pour publication dans la revue *"Nouvelles de la Science et des Technologies"*, Juin 1997. p : 6-7.

وننبّه في هذا الشأن إلى أنّ طرق حل مسائل الجدولة ليست كلُّها على نفس القدر من الدِّقة، حيث تعتبر الطريقة دقيقة إذا كانت تضمن التوصل إلى الحل الأمثل بالنسبة لمعيار معين يعبِّر عن الهدف المراد تعظيمه أو تدنيته وليست هناك طريقة أخرى تعطي حلاً أحسن من ذلك الحل الأمثل بالنسبة لذات المعيار، بخلاف ذلك إذا لم تكن هناك طريقة دقيقة ومعروفة ومضبوطة تمكِّن من الوصول إلى الحل الأمثل نلجأ إلى استعمال طرق أخرى تعرف بطرق الاجتهاد المنظم Heuristiques؛ وهي طرق تعبِّر عن نماذج منطقية تُبنى على قواعد ورؤية منطقية للعلاقة بين المتغيرات محل الدراسة، والّتي تمكننا من الوصول إلى حلول جيدة ولكنها تقريبية وليست بالضرورة هي الحلول المثلى للمشكلة[1].

المطلب الثاني:التمثيل البياني لمسائل الجدولة.

لّما كان حاصل القيام بعملية الجدولة هو إعداد خطة مثالية مرتقبة للتصنيع توضِّح متى وأين وكيف يتم ذلك، فإنّ الحاجة إلى تمثيل بياني يعكس حيثيات تلك الخطة تبدو ضرورية حتّى يتسنى القيام بها على أكمل وجه ومتابعتها والوقوف الدائم عليها.

من بين أدوات التمثيل الأكثر شيوعاً في موضوع الجدولة هو ذلك المخطط الّذي قدمه "هنري لورانس قانت" Henry L. Gantt [2] ذات يوم من سنة 1917 والّذي أصبح اسمه ملتصقاً به ليُعرف ببيان "قانت" أو خريطة قانت أو كذلك مخطط قانت ؛ فما هو مبدأ هذا المخطط ؟ ما هي إيجابياته وما هي حدوده ؟

1- مبدأ مخطط قانت:

يعتبر مخطط قانت من أقدم وأكثر أساليب التمثيل شيوعا وأبسطها بحيث يعكس صورة تتابع العمليات الداخلة في إنجاز كل أمر إنتاجي (نشاط) بما يمكّن من متابعة تلك العمليات ومعرفة أوقاتها وتواريخ بدايتها ونهايتها وأين تنجز ومدى التأخر في ذلك؛ كما

[1] – أ.د.حسين عطا غنيم: بحوث العمليات (1) ، مراجعة أ.د.محمد علي شهيب، جامعة القاهرة ،1993، ص 8.

[2]– هو أحد رواد حركة الإدارة العلمية البارزين الذين اعتنقوا مفاهيم فريدريك تايلور صاحب الفضل في إقحام الأسلوب العلمي في بحث و معالجة مشاكل الإدارة.

يوضح الأوقات الّتي تظل فيها مراكز العمل عاطلة عن أي نشاط؛ ولئن تعددت أشكال هذا المخطط من الناحية العملية قد تصل إلى حد التعقيد، إلاّ أنّ المبدأ يكاد يكون واحد بحيث يُعبَّر عن العمليات بشريط أو قطعة مستقيمة ممتدة على حسب زمن العملية الّذي يكون ممثلا بمحور أفقي فيما يمثل المحور العمودي مراكز الإنتاج (الموارد) أو الأوامر الإنتاجية على حسب الحال.

عادة ما يتم استخدام الرموز التالية للدلالة على مفاهيم هامة في عملية الجدولة:[1]

- للدلالة على الوقت الّذي يجب أن يبدأ فيه النشاط؛
- للدلالة على الوقت الّذي يجب أن يتم فيه إتمام النشاط؛
- للدلالة على عمل مخطط (مجدول)؛
- للدلالة على العمل الّذي تم إنجازه؛
- للدلالة على الوقت الّذي تتم فيه مراجعة الداء (الوقت الحالي)؛
- للدلالة على الوقت الزائد أو وقت إعادة التشغيل أو الصيانة.

يعبر المثال التالي عن حالة جدولة داخل وحدة إنتاجية معينة سُقناه لغرض إعطاء نظرة عن كيفية التمثيل البياني ومخطط قانت.

مثال1:

في الزمن t_0 تلقت وحدة إنتاجية معينة ثلاثة أوامر إنتاجية (طلبيات) تتعلق بإنجاز ثلاثة منتجات مختلفة؛ طريقة تصنيع كل منتوج معطاة من قبل تشكيلة التصنيع المرفقة مع كل أمر إنتاجي كما هو مبين:

[1] = د.محمد توفيق ماضي، تخطيط و مراقبة الإنتاج: مدخل اتخاذ القرارات، المكتب العربي الحديث 1992، ص 132.

OF 1 :

المنتوج الأول P_1		
المرحلة	الوسيلة	المدة بالدقيقة
10	M_1	10
20	M_2	8
30	M_3	15

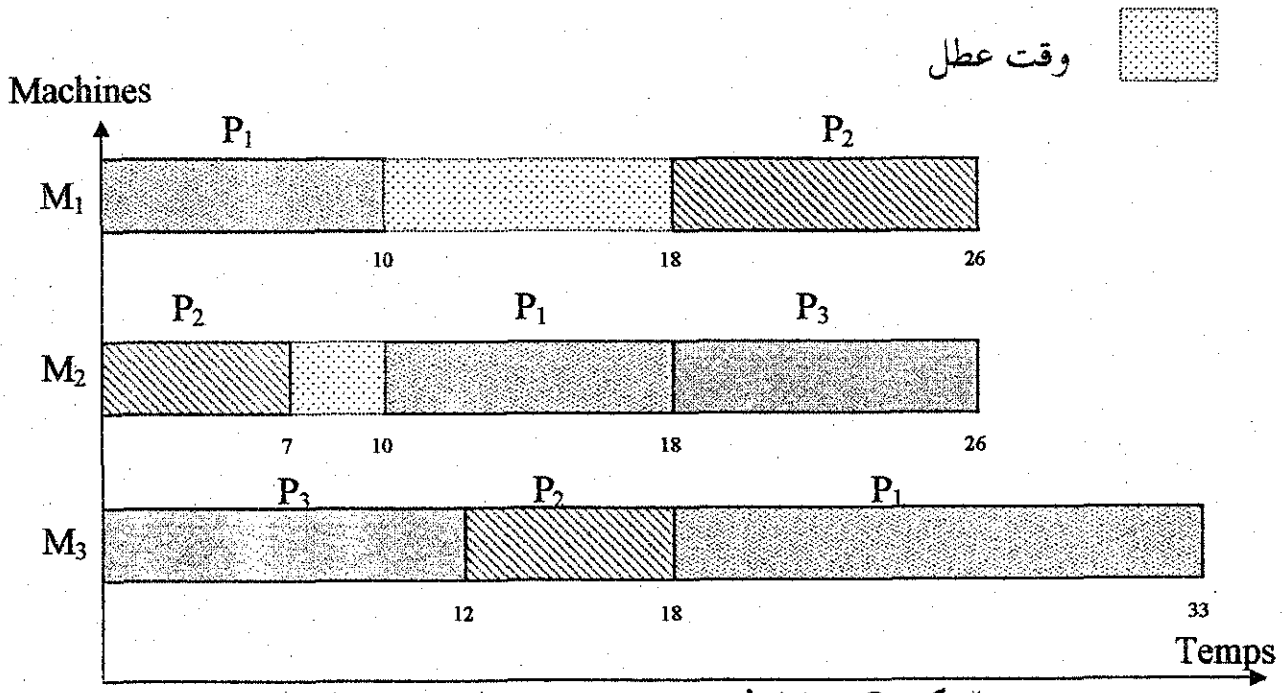
OF 2 :

المنتوج الثاني P_2		
المرحلة	الوسيلة	المدة بالدقيقة
10	M_2	7
20	M_3	6
30	M_1	8

OF 3 :

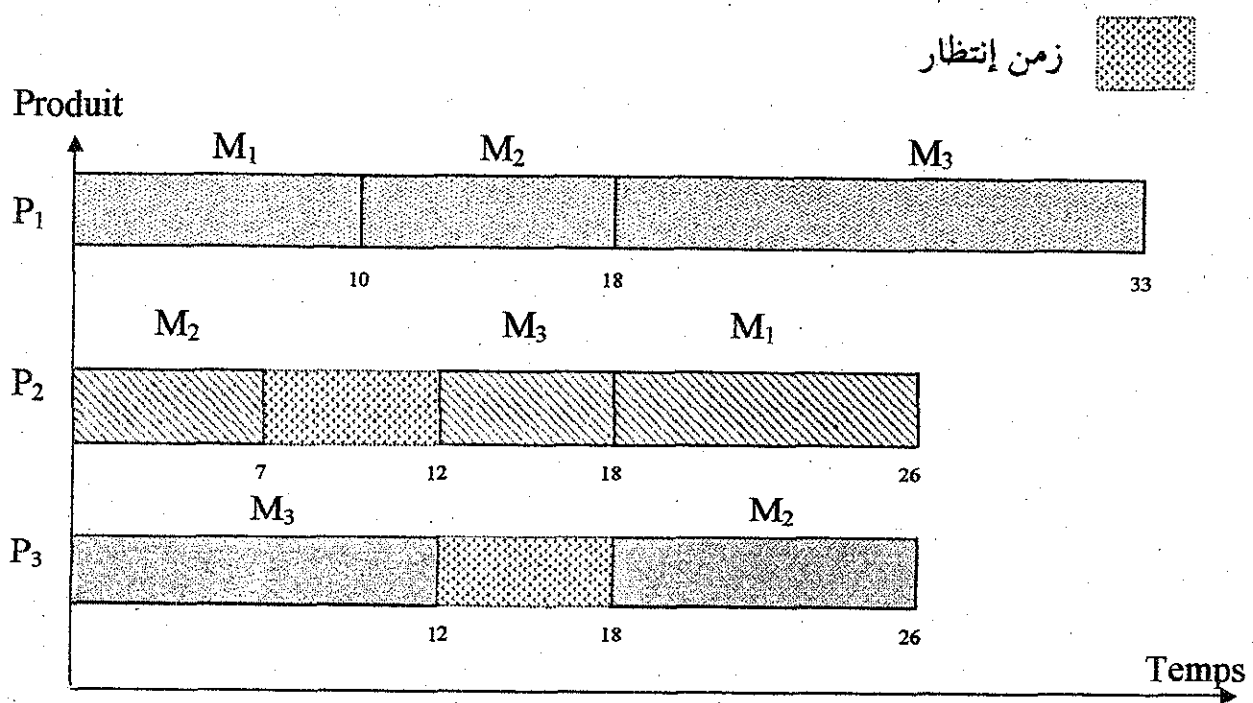
المنتوج الثالث P_3		
المرحلة	الوسيلة	المدة بالدقيقة
10	M_3	12
20	M_2	8

ويوضّح الشكلان التاليان التمثيل البياني لجدولة ممكنة باستعمال مخطط ڤانت:



الشكل 8:مخطط ڤانت وحدة إنتاجية / موارد.

المصدر: من وضع الطالب.



الشكل 9:مخطط ڤانت وحدة إنتاجية / منتوج.

المصدر: من وضع الطالب.

2- تحليل الشكلين واستخلاص إيجابيات مخطط ڤانت:

إضافةً لكونه أداة بسيطة وسهلة الإدراك، يعتبر مخطط ڤانت وسيلة لتخطيط ومراقبة إنجاز العمليات كونه يعكس مجريات الأحداث داخل الوحدة الإنتاجية موفراً بذلك استقراءاً هاماً عن تلك الأحداث من الوقوف على أداء كل عملية وكل أمر إنتاجي وتواريخ البدء فيها والانتهاء منها وكذلك أوقات العطل في مراكز الإنتاج وما إلى ذلك من معطيات هامة.

فمن خلال الشكل الأول (شكل رقم 8) نلاحظ أنّ إنجاز المنتوج الأوّل P_1 المتعلق بالأمر الإنتاجي الأوّل سوف يستغرق 10 دقائق على الآلة M_1 وهو زمن العملية الأولى الّتي يستوجبها هذا المنتوج وفق ما هو مقرر في تشكيلة وطريقة تصنيعه، ثمّ يمر مباشرة إلى الآلة الثانية M_2 الّتي سوف تعالجه لمدة 8 دقائق، وأخيرا ينتقل إلى الآلة الثالثة M_3 أين تجرى عليه العملية الأخيرة خلال 15 دقيقة؛ وبذلك يكون من المتوقع أن يقضي هذا المنتوج مدة إجمالية قدرها 33 دقيقة داخل الوحدة الإنتاجية على أن يغادر بعدها إلى المخزون النهائي أو قيد

الإنجاز، أو إلى الزبون. ولئن كانت هذه المعلومات مستقاة من الشكل الأول (مخطط قانت وحدة إنتاجية / موارد) إلاّ أنّنا نلاحظ أنّها مجسدة بشكل واضح في الشكل الثاني (مخطط قانت: وحدة إنتاجية / المنتوج) ؛ ومن هنا تبرز مزايا كل من الشكلين، فالشكل الأول يعطي بالأساس لمحة للمسيرين عن درجة وكيفية تشغيل واستغلال الآلات (الموارد)، إذ يبدو جلياً أنّ الآلة الأولى M_1 سوف تبقى عاطلة غير مشغلة لمدة ثماني دقائق كاملة*،وتُشغل لمدة 18 دقيقة كاملة (10 دقائق للمنتوج P_1 و 8 دقائق للمنتوج P_2) وهي المدة الّتي تعادل تاريخ الانتهاء من تشغيلها بالكلية مطروح منها وقت العطل (18 = 8 – 26). وبنفس المنطق والتحليل نلاحظ أنّ إجمالي تشغيل الآلة الثانية M_2 هو 23 دقيقة بينما تظل عاطلة عن العمل لمدة 3 دقائق ريثما تستقبل المنتوج P_1 الّذي هو على الآلة الأولى M_1، ومن هنا نرى كيف أنّ درجة استغلال الآلة الثانية أعلى من الأولى؛ وعلى خلاف ذلك كلّه ليس هناك أي وقت عطل بالنسبة للآلة الثالثة M_3، فهي مشغلة باستمرار ومستغلة على أكمل وجه إذ ليس ثمة ضياعاً لطاقتها ممّا يرفع من كفاءتها الإنتاجية مقارنة مع الآلات السابقة.

أمّا الشكل الثاني (شكل رقم 9) فيوضح من باب أوْلى واقع المنتجات داخل الوحدة الإنتاجية إذ نرى كيف أنّ إنجاز المنتوج الأوّل P_1 بمختلف أطواره يتم بصفة متتالية دون أي انتظار إلى غاية الخروج من النظام؛ في حين أنّ المنتوج P_2 ينتظر مدة 5 دقائق كاملة كي يمر على الآلة M_3 معبّرا بذلك عن مخزون قيد الإنجاز الّذي تعمل الجدولة جاهدة على تدنيته لما له من تكاليف؛ كما أنّ المنتوج P_3 سوف ينتظر 8 دقائق قبل أنّ تتم معالجته من قبل الآلة الثانية M_2 معبرا هو الآخر من مخزون قيد الإنجاز.

كما يمكن استخلاص من كلا الشكلين** المدة الّتي يقضيها كل منتوج داخل النظام إذ يستغرق إنجاز المنتوج الأول مدة 33 دقيقة بينما يستغرق كل من المنتوج الثاني والثالث

---

* – مباشرة بعد الانتهاء من معالجة المنتوج P_1 إلى حين استقبال المنتوج P_2 في تمام الدقيقة 18؛ في الحقيقة هذا العطل ليس بجيد لأنّه يعبر عن عدم استغلال الطاقة المتاحة مما يرفع من تكاليف الإنتاج غير أنّه محتم لأنّ المنتوج P_2 يجب أن يمر أولا على الآلة الثالثة M_3.

** – قد يهتم مسؤول الوحدة الإنتاجية بالشكل الأول الذي يوضح كيفية استغلال الموارد المتاحة، فيما قد يفضل رجل الأعمال أو الزبون أو بالأحرى المصلحة التجارية للمؤسسة الشكل الثاني الذي يبرز سيرورة الطلبية (المنتوج) داخل الوحدة؛ ولما كان لكل شكل جوانبه من الأهمية، فمن الأحسن إذن الجمع بينهما على اعتبار أنّها متكاملين.

26 دقيقة على حد السواء؛ كما يمكن قراءة المدة الإجمالية للجدولة الّتي تعرف كذلك بزمن الدورة، وهي تقدر بـــ 33 دقيقة وهي تناسب خروج آخر منتوج من النظام.

وطبيعي أنّه يمكن إجراء عملية رقابية من خلال هذا المخطط بأخذ أي زمن من الأزمنة كمرجع ثمّ مقارنة التنفيذ الفعلي مع ما هو مخطط.

مجمل القول إذن هو أنّ مخطط قانت يعطي تقديراً سريعاً لسير الأحداث في أي لحظة والتي يترتب عليها في كثير من الأحيان اتخاذ قرارات بشأن الأوامر الإنتاجية المتأخرة أو الأوامر الهامة الّتي قد تحتاج إلى تخصيص موارد أكثر أو تحويلها إلى آلات أخرى إن أمكن وذلك بقصد إتمامها في موعدها[1].

3- الجوانب السلبية في مخطط قانت:

رغم بساطة وسهولة مخطط في تفعيل الرقابة على جدولة الإنتاج إلاّ أنه يتضمن بعض الجوانب السلبية الّتي تحد من فاعليته؛ من هذه الجوانب أنّه قد لا يكون ممكناً في حالات الأوامر العديدة والأنشطة المتداخلة والتي قد يلزم تخصيص موارد جديدة لها لتقليل وقت أدائها؛ وفي هذه الحالة يمكن استخدام طرق شبكات الأعمال (المسار الحرج وأسلوب تقويم البرامج ومراجعتها).

المطلب الثالث: أنماط الجدولة.

1- الجدولة المقبولة (الممكنة):

نقول عن جدولة أنّها مقبولة إذا كانت تحترم جميع قيود المسألة من آجال محددة وقيود أسبقية ومحدودية الموارد،... [2]

[1] – محمد توفيق ماضي، تخطيط و مراقبة الإنتاج، مرجع سابق ص 133.

[2] - Patrick Esquirol , Pierre Lopez, op. cit. p: 24.

تعد الجدولة المقبولة أساس حل مسائل الجدولة إذ لا بد من أي جدولة أن تكون ممكنة أولاً. بعدها يمكن التمييز بين ثلاثة أنماط أخرى للجدولة كما يلي:[1]

2- جدولة نصف نشيطة:

تقوم هذه الجدولة المقبولة على تحميل العمليات في أقرب وقت مبكر ممكن ونقول عنها أنّها نصف نشيطة إذا لم يكن بالإمكان تعجيل أي عملية دون الإخلال بالتتابع المحدد للإنجاز.

3- جدولة نشيطة:

هذه الجدولة المقبولة هي تلك الجدولة الّتي لا يمكن معها تعجيل أي عملية بالبدء فيها قبل موعدها المقرر دون تأجيل البدء في عملية أخرى أو اختراق قيد أسبقية؛ الجدولة النشيطة هي كذلك جدولة نصف نشيطة، وجدولة أمثل تكون دائما نشيطة، لذا تقتصر الكثير من البحوث على مجموع الجدولات النشيطة.

4- جدولة دون تأخر:

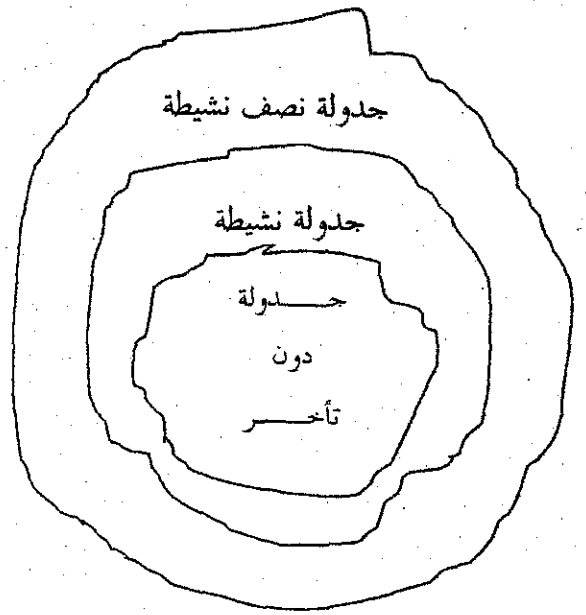
هذه الجدولة المقبولة هي تلك الجدولة الّتي لا يمكن الاحتفاظ فيها بأي آلة عاطلة عن العمل إذا كانت جاهزة للشروع في معالجة عملية ما؛ الجدولة دون تأخر نشيطة بالضرورة، ومن ثمّ نصف نشيطة بالضرورة أيضاً.

من خلال هذه الأنماط من الجدولة يمكن الخلاص إذن إلى التضمينات التالية الّتي تعبر بالضرورة عن علاقة في اتجاه واحد دون ضرورة علاقة الاتجاه المعاكس:

{ جدولة نصف نشيطة } ⊂ { جدولة نشيطة } ⊂ { جدولة دون تأخر }

وهي التضمينات الّتي يمكن التعبير عنها شكلا :

[1] - José F.G., Jorge José de M.M. et Mauricio G.C.R., « A Hybrid Genetic Algorithm for the Job Shop Scheduling Problem », *AT&T Labs Research Technical Report TD-5EAL6J*, p.3, September 2002.



الشكل 10: أنماط الجدولة

المصدر: من وضع الطالب.

مثال2: لتكن لدينا وحدة إنتاجية من ثلاثة آلات أين يجب معالجة ثلاثة أوامر إنتاجية وفق ما هو وارد في تشكيلة تصنيعها:

الأمر الإنتاجي 3		
المدة ساعة عمل	الوسيلة	المرحلة
3	M_2	10
4	M_1	20
2	M_3	30

الأمر الإنتاجي 2		
المدة ساعة عمل	الوسيلة	المرحلة
4	M_1	10
2	M_2	20
4	M_3	30

الأمر الإنتاجي 1		
المدة ساعة عمل	الوسيلة	المرحلة
4	M_2	10
2	M_3	20
2	M_1	30

نظرا للأهمية النسبية لكل أمر إنتاجي فإنّه يجب أولا البدء بمعالجة الأمر الإنتاجي الأول ثمّ الثاني ثمّ الثالث أي احترام القيد التالي: $OF_1 < OF_2 < OF_3$.

يعكس الشكل 11 (الصفحة 38) جدولة ممكنة للمسألة تحترم القيد المذكور وبمدة إجمالية قدرها 29 ساعة عمل، ويمكن أن نستقرئ من الشكل مختلف المعلومات الّتي يتيحها أي مخطط ڤانت، إلاّ أنّ ما يهمنا هنا هو وجود وقتي عطل لا مبرر لهما يقعان على الآلة الأولى والثانية مدتهما ساعتين وأربع ساعات على التوالي.

بحذف أوقات العطل غير المبررة من الشكل سوف تصبح المدة الإجمالية للجدولة 23 ساعة عمل بدلاً من 29 ساعة بما ينعكس إيجابياً على كفاءة ودرجة استغلال الآلتين المعنيتين بالخصوص والوحدة الإنتاجية بصفة عامة (لاحظ الشكل12)؛ وحيث أنّه لم يعد بمقدورنا تعجيل بداية أي عملية من العمليات دون المساس بترتيبها المجدول على الآلة فنحن بصدد جدولة نصف نشيطة.

ويمكن قياس كفاءة أي آلة من الآلات على النحو التالي :

- الكفاءة = الوقت المستخدم خلال الدورة ÷ المدة الإجمالية للجدولة.

  - فبالنسبة للشكل 12:

  - كفاءة الآلة الأولى = $\frac{23-13}{23} = \frac{10}{23} = 43,47\ \%$؛

  - كفاءة الآلة الثانية = $\frac{23-13}{23} = 43,47\ \%$ كذلك؛

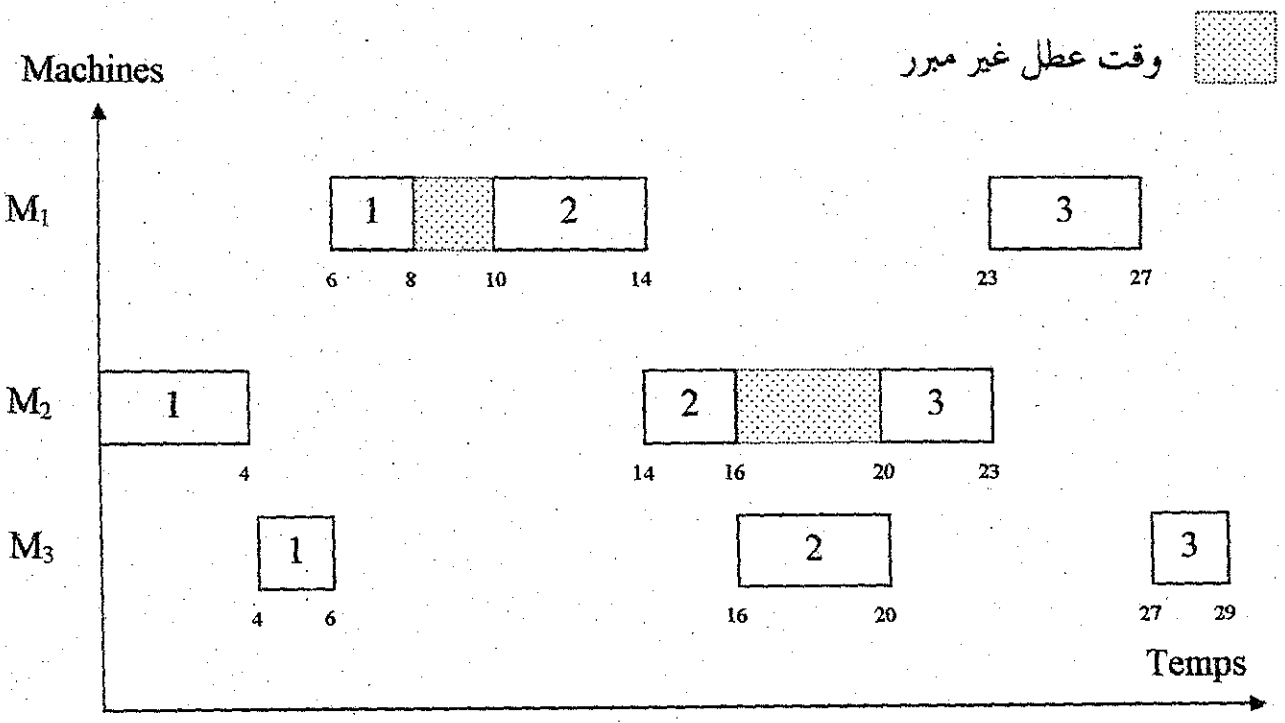
  - كفاءة الآلة الثالثة = $\frac{23-15}{23} = \frac{8}{23} = 34,78\ \%$.

أمّا كفاءة الآلات الثلاثة معاً، أي كفاءة الوحدة الإنتاجية ككل فهي تساوي:

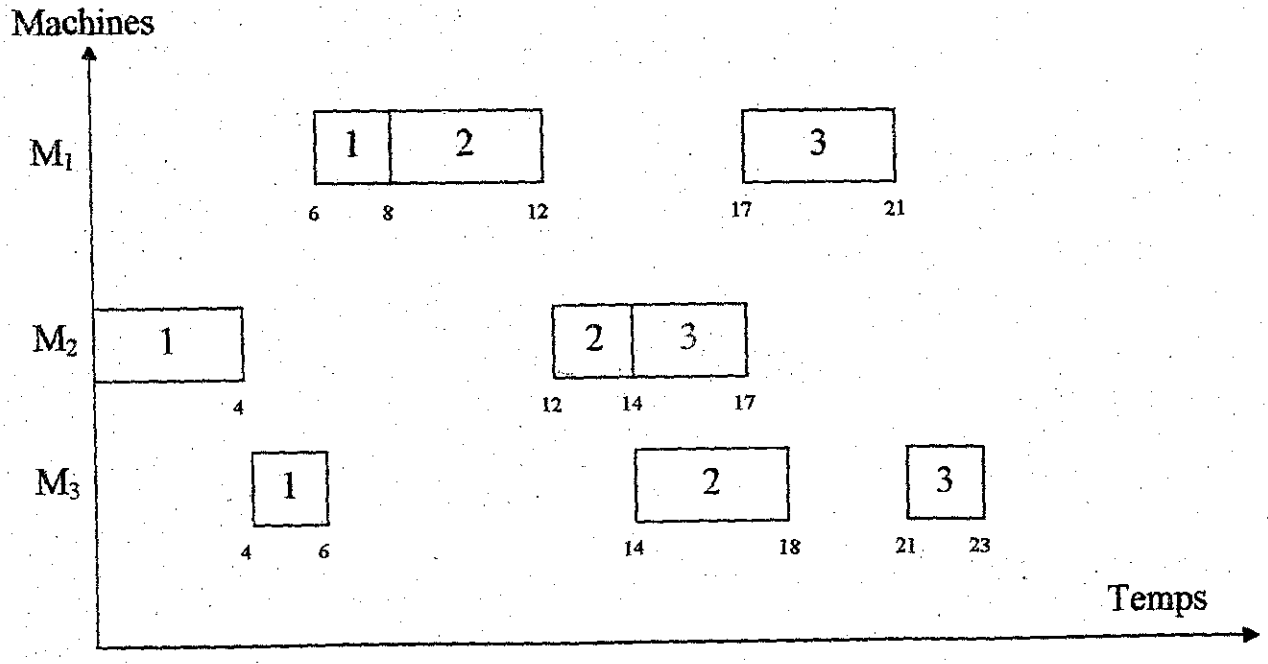
- كفاءة الوحدة الإنتاجية = $\frac{(3)23-15}{(3)23} = \frac{69-41}{69} = \frac{28}{69} = 40,57\ \%$.

تعجيل العملية الخاصة بالأمر الإنتاجي الثاني على الآلة الأولى أدى إلى تغيير في تتابع العمليات المبرمجة على تلك الآلة، إلاّ أنّ آثاره كانت إيجابية حيث تقلصت المدة الإجمالية للجدولة لتصبح 15 ساعة فقط كما هو مبين في الشكل 13 (ص 39)، وبالتالي عظّم من

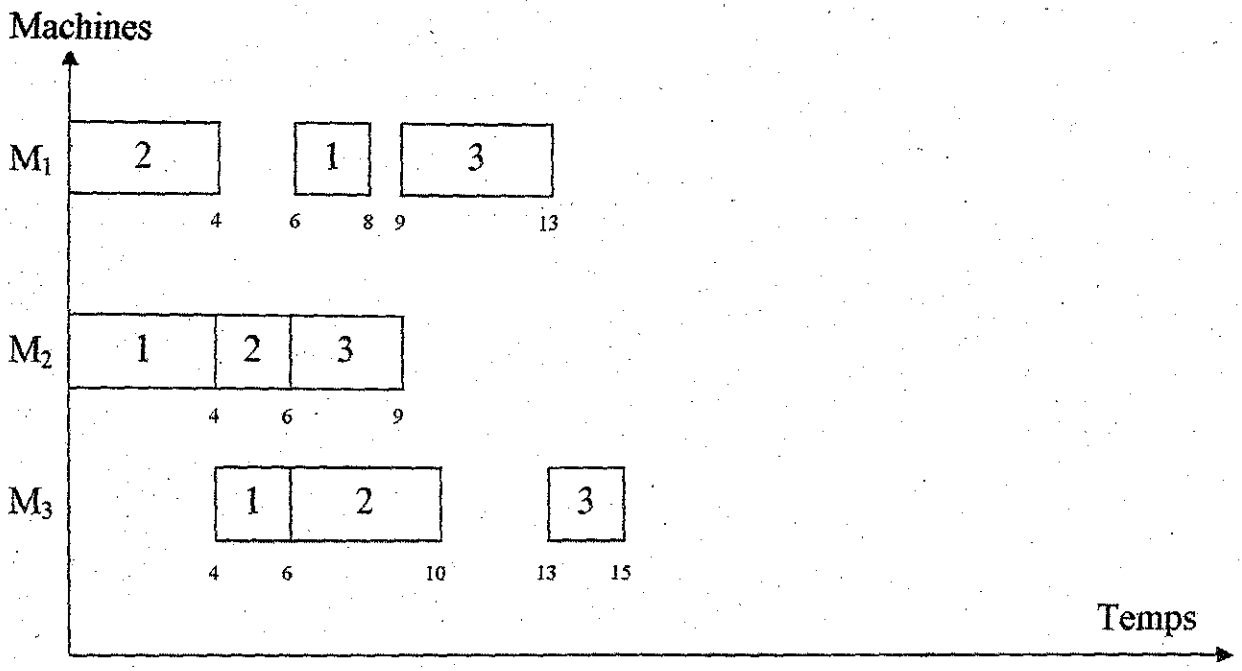
استغلال المتاح من طاقة الآلات؛ ويوضح ذات الشكل أنه أصبح من غير الممكن التعجيل أكثر لأي عملية من العمليات، حتّى لو غيرنا في تتابع ما، إلاّ إذا أخرنا إنجاز عملية أخرى، فتكون الجدولة نشيطة و في مثالنا بدون تأخر كذلك وهي تعبر عن أمثل جدول للإنتاج.



الشكل 11: جـــدولة ممكنـــــة.



الشكل 12: جدولة نصف نشيطة.



الشكل 13: جدولة نشيطة دون تأخر.

لمعرفة الأثر الإيجابي الّذي خلفته الجدولة النشيطة على الكفاءة الإنتاجية، نحسب كما فعلنا في السابق الكفاءة الخاصة بكل آلة ثمّ بالوحدة الإنتاجية ككل:

- كفاءة الآلة الأولى = $\frac{5-15}{15} = \frac{10}{15} = 66{,}66\ \%$.
- كفاءة الآلة الثانية = $\frac{6-15}{15} = \frac{9}{15} = 60\ \%$.
- كفاءة الآلة الثالثة = $\frac{7-15}{15} = \frac{8}{15} = 53{,}33\ \%$.
- كفاءة الوحدة الإنتاجية = $\frac{18-(3)15}{(3)15} = \frac{27}{45} = 60\ \%$.

خاتمـــة الفصل

من خلال هذا الفصل حاولنا إبراز الأركان الأساسية لوظيفة جدولة الإنتاج والعمليات من التعريف بها إلى الوقوف على أهميتها و أهدافها إلى بحث سُبل حل مسائلها و أنماطها، و توصلنا إلى حقيقة أن الجدولة كمسألة يمكن أن تفرض نفسها على أكثر من صعيد و في مجال مفتوح طرفيه القطاع الصناعي و الخدمي و أموراً بين ذلك كثيرة، حيث أن كل عمل يجب القيام به سوف يوجب في الواقع جدولةً أي جدولاً زمنياً لإنجازه و تحقيق أهدافه.

لكن إذا كانت الجدولة تُعد بسيطة بمفهومها هل تبقى كذلك بمسائلها؟ هذا ما سنتعرف عليه في الفصل اللاحق.

خلاصة الفصل

تهتم الجدولة بتحديد خطة مرتقبة لإنجاز مجموعة من الأنشطة خلال فترة زمنية معينة، تستقي أهميتها من كونها تساهم في تفعيل كفاءة النظام الإنتاجي بحيث تهدف إلى التقليل من الطاقات غير المستغلة و تدنية حجم المخزون من المواد قيد الإنجاز و العمل على الإنتاج في المواعيد المحددة؛ أبرز مراحل الجدولة التخطيط و معطياتها الرئيسية تتمثل في الأنشطة الواجب القيام بها و التي تنعكس في شكل أوامر إنتاجية، موارد النظام إضافة إلى هدف يراد تحقيقه في ظل قيود معينة؛ حل مسائل الجدولة، التي تعد من المسائل التوفيقية، نشأ في ظِّل أدوات و أساليب بحوث العمليات ليمثل فيما بعد فرعاً من فروعها يعتمد في الغالب على طرق إجتهاد منظم في الحل الذي عادة ما يمثل بيانياً على مخطط "قانت".

كلمات مفاتيح خاصة بالفصل:

الجدولة، الجدولة النشيطة، مخطط "قانت".

الفصل الثاني:

جدولة الوحدات الإنتاجية.

تمثّل الوحدة الإنتاجية المكان الذي ستجري فيه العملية الإنتاجية و بذلك فإن تسيير هذه الوحدات الإنتاجية يُعد أمراً أساسياً من حيث أنها هي التي يُفترض أن تمدَّنا بالمنتَج الذي يفي بالغرض و الأهداف المرجوة منه.

في مسائل جدولة الوحدات الإنتاجية "Ordonnancement d'Ateliers" تكون الموارد عبارة عن آلات لا يمكنها معالجة إلا عملية واحدة في نفس الوقت (موارد تمييزية) كما أن المهام الواجب إنجازها تكون عبارة عن أوامر إنتاجية تُعبِّر عن وحدة متكاملة لا يمكن تجزئتها، بمعنى أنه لا يمكن لأمر إنتاجي معين أن يكون متواجدًا في نفس الوقت على أكثر من آلة بل يُنجز عملية بعد عملية على أن تؤدِّي كل آلة عملية معينة.

نحاول دراسة هذا الفصل بإنتهاج أسلوبين رئيسيين في التحليل، الأوَّل يفترض أن جميع الأوامر الإنتاجية تكون معروفة و مؤكدة الورود مسبقاً و تعرف هذه الحالة بـــ **"النماذج الستاتيكية للجدولة"** و هي تتلخص في البحث عن إعداد جدولة مثلى لعدد من الأوامر الإنتاجية المؤكدة خلال فترة زمنية معينة يُفترض خلالها عدم ظهور أي أوامر إنتاجية جديدة غير تلك المتأكد منها، و في حال تم ظهور أوامر جديدة غير متوقعة فيتم تخزينها إلى حين صياغة أو إعداد جدولة جديدة قائمة على أساس نموذج ستاتيكي لمجموع الأوامر قيد الإنجاز و قيد الإنتظار.

أما الأسلوب الثاني في التحليل الذي سيكون في فقرة ثانية من هذا الفصل فهو على خلاف الحالة الأولى يتميز بورود الأوامر الإنتاجية بشكلٍ متتالٍ و في أي وقت دون تأكيد مسبق، و يعرف هذا بـــ **"النماذج الديناميكية للجدولة"** أين نواجه عالماً غير مؤكداً.

المبحث الأول: النماذج الستاتيكية في جدولة الإنتاج و العمليات.

المطلب الأول:الجدولة في حالة خط الإنتاج.

1- تعريف:

نقول عن نظام إنتاجي معيَّن أنه منظم على شكل خط إنتاجي إذا كانت جميع التجهيزات مرتبة بطريقة تجعل من سريان التدفق منتظماً وفق ذات التتابع الذي عليه مراكز العمل من أجل إنجاز مجموعة من العمليات الصناعية أو التجميعية (خطوط التجميع) تقود إلى خلق مجموعة من المنتجات الصناعية.[1]

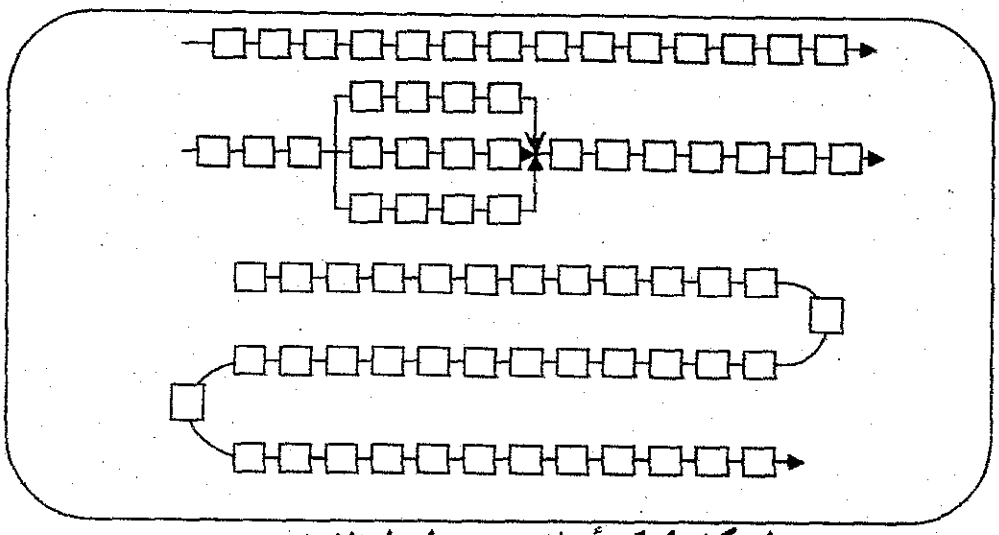
فما يميِّز خط الإنتاج إذن هو ذلك التدفق المنتظم الذي يشهده النظام حيث تمر الوحدات المنتجة على جميع مراكز الإنتاج بنفس التسلسل مستوعبةً عند كل مركز عملية معينة بما يمكِّن في الأخير من الحصول على المنتَج المراد من الخط. وحيث أنه ليس بمقدور الخط الإنتاجي إنتاج غير نوع واحد فقط من المنتجات، فطبيعي أن يتم ترتيب ذلك الخط (الترتيب الداخلي للآلات والمعدات) على حسب ما يمليه تتابع العمليات المكوِّنة للمنتج، لذا كثيراً ما تعرف خطوط الإنتاج على أنها ترتيب أو تنظيم على أساس المنتَج الذي يكون نمطياً.

ويجب أن يُنتبه إلى أن مخرجات الخط الإنتاجي لا يمكن أن تكون في كل الأحوال منتجات نهائية بالمعنى الذي نتصور، فلا نتوقع الحصول على سيارة كاملة مثلاً من خلال خط إنتاجي واحد فقط.

يوضح الشكل التالي أمثلة عن خطوط الإنتاج:

---

[1] -Vincent Giard, Gestion de la production et des flux, Édition Economica, 3ème édition 2003.p :53.



الشكل 14: أمثلة عن خطوط الإنتاج.

المصدر: Vincent Giard, p54.

2- خصائص خط الإنتاج.

يتميز هذا النمط من أنظمة الإنتاج بمجموعة من الخصائص، بعضها ماهو إيجابي و بعضها ما هو سلبي، إلاّ أننا نذكر أن اختيار هذا النمط من التنظيم يستند إلى مجموعة من المعايير كطبيعة النشاط الإنتاجي وغيرها، ويمكن تلخيص أهم تلك الخصائص المميزة لخطوط الإنتاج في النقط التالية:[1]

- آلات متخصصة يقال عنها أنها "مهداة" أي مسندة إلى خط إنتاجي معين وبالتالي خاصّة به؛
- استثماراً أولياً جد مرتفع وذلك راجع إلى تضاعف عدد الآلات بحسب عدد الخطوط الإنتاجية (يمكن تواجد عدة آلات من نفس النوعية في عدة خطوط)؛
- يد عاملة جد متخصصة حيث لا يقوم الصناعيون إلا بإنجاز بعض المهام البسيطة، وبذلك قد يكون دخلها متواضعاً نوعاً ما وهي سهلة التعويض بآلات آلية؛
- يهتم التسيير في هذه الحال بالبحث عن تحقيق توازن خط الإنتاج: يجب أن تتساوى أزمنة كافة المراحل الإنتاجية لتفادي ظهور حالات اختناق، كما يجب أن تكون

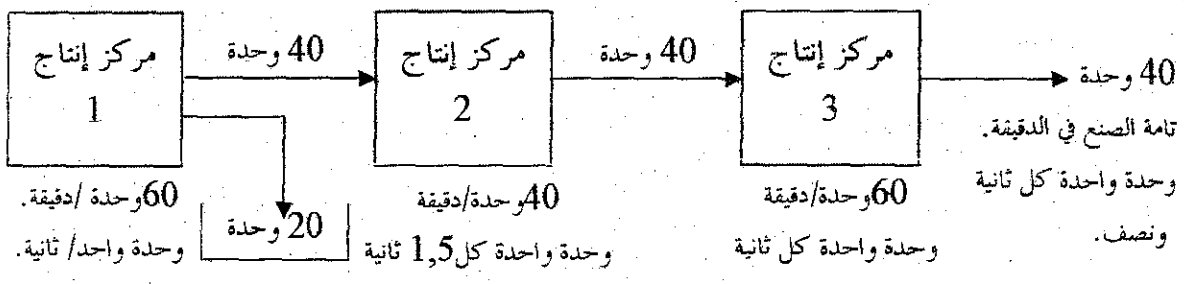
[1] - P. LAURENT et F. BOUARD, Économie d'entreprise, Tome 1, les Éditions d'Organisation 1997.p : 202.

المعدات والآلات جديرة بالاعتماد لأن تعطل أي مركز من مراكز الإنتاج سوف ينتج عنه تعطل وتوقف خط الإنتاج بأكمله؛

- كذلك يتميز هذا النمط من التنظيم بمستوى مخزون، من مواد قيد الإنجاز ومنتجات نصف مصنعة، مرتفع نوعا ما؛ وبقصر دورة الإنتاج شيئا ما طالما أن المنتجات تنتقل من مركز إلى آخر بصفة مباشرة؛
- أخيراً، ترتفع التكاليف كلما انخفض حجم الإنتاج (لازدياد وزن التكاليف الثابتة)، وعلى العكس ازدياد حجم الإنتاج سوف يقلل من التكاليف نظراً لإهتلاك التكاليف الثابتة وضعف التكاليف المتغيرة الخاصة بالأيدي العاملة.

يتضح من هذه الخصائص أن أهم شيء ينبغي الصهر عليه في حال خط الإنتاج هو ضمان توازن الخط بما يمكّن من الرفع من درجة استغلال طاقة المراكز الإنتاجية وبالتالي تعظيم كفاءة وفعّالية الخط الإنتاجي؛ ويمكن إبراز المزايا التي ينطوي عليها خط الإنتاج المتوازن ومفهوم التوازن من خلال إيضاح التأثير السلبي الذي يخلّفه عدم التوازن.

فلو فُرض مثلاً أن خطاً إنتاجياً معيناً مكون من 3 مراكز إنتاجية (آلة،...)، وأن طاقة المركز الإنتاجي الأول معادلة لطاقة المركز الإنتاجي الثالث وهي تقدر بـــ 60 وحدة في الدقيقة، بينما ليس باستطاعة المركز الإنتاجي الثاني معالجة أكثر من 40 وحدة في الدقيقة مثلما يعبّر عنه الشكل:



الشكل 15: مثال عن خط إنتاجـــي غير متوازن.

المصدر: من وضع الطالب.

نلاحظ من خلال هذا الخط غير المتوازن أنه من بين 60 وحدة المحصل عليها من المركز الإنتاجي الأوّل 40 وحدة منها فقط تذهب إلى المركز الإنتاجي الثاني مراعاةً لطاقته، بينما تبقى الـــ 20 وحدة المتبقية في انتظار أمام هذا المركز مشكِّلةً بذلك مخزون مواد قيد الإنجاز غير مرغوب فيه لما له من تكاليف إضافية (في الساعة الواحدة يكون لدينا 1200 وحدة رهن الانتظار) وبالتالي نقول عن المركز الإنتاجي الثاني أنه عبارة عن نقطة اختناق (عنق الزجاجة) داخل النظام. بذات التقدير نرى كيف أن المركز الإنتاجي الثالث لا يستقبل إلا 40 وحدة من المركز الإنتاجي الثاني في حين أن بمقدوره استيعاب ومعالجة 60 وحدة في الدقيقة وهو الأمر الذي يعبّر عن طاقة متاحة غير مستغلّة (أوقات عطل)؛

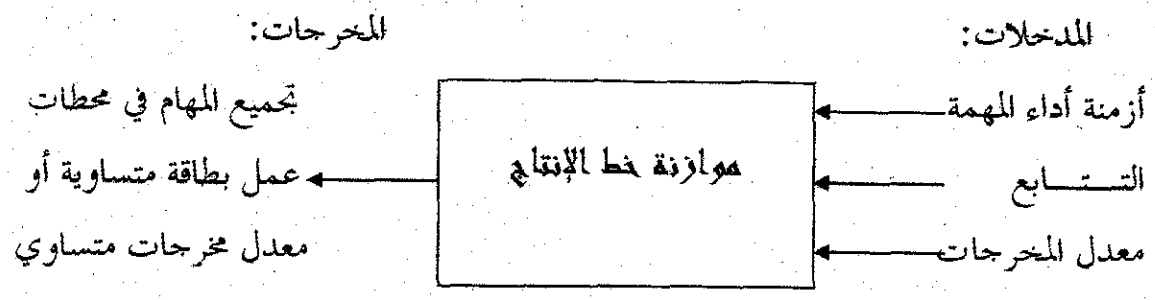
بذلك ندرك كيف أن اختلال توازن خط الإنتاج يؤثر سلباً على كفاءته الإنتاجية وفعالية تسييره، وهو الإشكال الذي يمكن رفعه بإجراء تسوية للخط عن طريق الرفع من طاقة المركز الإنتاجي الثاني بشكل يجعل من التدفّق منتظما بين مختلف أطوار الخط لتكون مخرجات كل مرحلة تمثل مدخلات المرحلة التي تليها وتكون نتيجة تلك التسوية الحصول على 60 وحدة تامة الصنع عند كل دقيقة ومن دون مخزون قيد الإنجاز بدلا من 40 وحدة وبالتخزين.

3- موازنة خط الإنتاج:

3-1 صياغة المسألة:

يمكن الإلمام بمسألة توازن خط الإنتاج بمعرفة المعطيات التي تعتمد عليها هذه المسألة، أي ما هي المعلومات التي تبنى عليها المشكلة، ثم محاولة معرفة كيف يتم حلّها ومن أجل ماذا؟ والموازنة في حدّ ذاتها وأخيراً نتيجة ذلك.

ويوضح الشكل التالي المقوّمات الأساسية لمشكلة توازن خط الإنتاج:



الشكل 16 :العناصر الأساسية لمشكلة توازن خط الإنتاج.

المصدر: د.فريد عبد الفتاح زين الدين، مرجع سابق، ص 277.

وقبل الخوض في كيفية موازنة الخط الإنتاجي، نبيّن بعض المفاهيم ذات علاقة بالمشكلة:

- معدل الإنتاج: وهو عدد الوحدات المنتجة خلال فترة زمنية معينة، يوضح الشكل 15 أن معدل إنتاج ذلك الخط هو 40 وحدة في الدقيقة (2400و/سا) وهي طاقته الإنتاجية خلال تلك الفترة، ويرمز لمعدل الإنتاج بـــT؛
- زمن الدورة C: وهو المدة اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من المنتوج، ويساوي الفارق الزمني بين خروج وحدتين متتاليتين من النظام، ويعبّر زمن الدّورة الذي يعادل 1,5 ثانية في الشكل 15 عن سرعة الخط الإنتاجي بمعنى أنه يُرجى أن يكون لدينا وحدة منتجة تامة كل 1,5 ثانية؛ وما يجب ملاحظته هو أن الزمن ذا إنما يكافئ في الواقع زمن أبطئ مركز إنتاجي (Le poste goulet) وما ذاك إلا لأن مثل ذلك المركز هو الذي يتحكم في الحقيقة في سرعة الخط الإنتاجي بأكمله.

العلاقة بين معدل الإنتاج وزمن الدورة هي كالآتي:

$$T = 1/C \qquad ou \qquad C = 1/T$$

في مثالنا السابق: $1/1,5 = 0,666U$ ou $1/0,666 = 1,5$ Seconde

حيث: 0,666: معدل الإنتاج مقدراً بالثانية. $(\frac{40}{60})$.

- وقت العطل Le temps mort (TM):

وهو إجمالي الوقت الذي تظل فيه مراكز الإنتاج عاطلة عن التشغيل خلال فترة إنتاجية ما.

رياضيا نعبّر عن وقت العطل كالتالي:[1]

$$TM = nc - \sum_{i=1}^{K} ti .$$

بحيث:

n: عدد مراكز الإنتاج؛

c: زمن الدورة؛

ti: زمن العملية المتعلقة بالمهمة i؛

k: العدد الإجمالي للمهام الواجب إنجازها على الخط.

أمام كل مركز C وحدة زمنية لإنجاز عملية واحدة أو عدة عمليات على أن يكون الفرق بين زمن الدورة C ومجموع ما تستغرقه تلك العلميات من وقت يعبّر عن وقت عطل المركز المعني:[2]

C - Σ ti (à chaque poste) = TM (du poste).

- كفاءة خط الإنتاج:

يتم قياس كفاءة خط الإنتاج من خلال المقارنة بين كل من:[3]

- الوقت اللازم لإنتاج وحدة واحدة تامة الصنع على الخط والذي يتم حسابه بجمع كافة أزمنة مراكز التشغيل على طول الخط والمحددة لإنتاج الوحدة الواحدة.

وإذا كانت مراكز التشغيل تتضمن عمليات نوعية تفصيلية فيكون الزمن اللازم لإنتاج الوحدة هو مجموع أزمنة جميع الأنشطة لكافة مراكز التشغيل على خط الإنتاج.

---

[1] - B. Aouni, Gestion des opérations, notes de cours et problèmes, partie1, librairie de l'université Laurentienne, Canada. p : 9.22.

[2] -La même référence .p :9.22.

[3] - د.فريد عبد الفتاح زين الدين، مرجع سابق، ص 283-284.

– الوقت المستغرق فعلاً في إنتاج وحدة واحدة على الخط الإنتاجي، وهذا الوقت يمثل الوقت الفعلي المنصرف في التشغيل لإنتاج الوحدة وهو يمثل زمن الدورة مضروباً في عدد مراكز التشغيل.

وعن طريق نسبة الوقت اللازم لإنتاج الوحدة الواحدة إلى الوقت المستغرق فعلاً في إنتاجها نحصل على كفاءة الخط الإنتاجي:

$$\text{كفاءة خط الإنتاج} = \frac{\text{الزمن اللازم لإنتاج الوحدة على الخط}}{\text{الوقت المستغرق في إنتاج الوحدة على الخط}} \times 100\%$$

$$e = \frac{\Sigma ti}{nc} \times 100\%$$

حساب كفاءة الخط الإنتاجي الخاص بالمثال السابق (الشكل15) يُعطي كفاءة قدرها 77,77% ($\frac{3.5}{4.5}\times 100$) وتمثل النسبة المتبقية (حوالي 22% من عدم الفاعلية) أوقات العطل داخل ذلك الخط (وقت العطل على الشكل هو بمعدل 1 ثانية لكل وحدة منتجة 4,5 – 3,5 = 1)؛وجدير بالذكر هنا أنه إذا لم يكن هناك أي وقت عطل على الخط سيكون هذا الأخير في قمة كفاءته التي ستبلغ المائة بالمائة، وهذا هو ما تسعى موازنة خط الإنتاج إلى الاقتراب منه.

ويمكن بنا أن نلج إشكال موازنة خط الإنتاج من بابين يمكن اعتبارهما بديلين عن بعضها البعض؛ أمَّا الوجهة الأولى فهي تشبه ما يطرحه مثال الشكل15، وهي تتلخص في البحث، انطلاقا من عدد معين لمراكز الإنتاج، عن تدنية زمن الدورة بما يحل المشكل ويحقق توازن الخط الإنتاجي؛ وبتطبيق وجهة النظر هذه على مثالنا المذكور نقول أنه يمكن موازنة ذلك الخط، المكون مبدئيا من3 مراكز إنتاج، بالرفع من طاقة المركز الإنتاجي الثاني ليصبح مثلا هو الآخر قادرا على معالجة وحدة واحدة كل ثانية، فنكون بذلك قد قلصنا من زمن الدورة الخاص بالخط (ثانية واحدة بدلا من ثانية ونصف) وفي نفس الوقت رفعنا من كفاءته إلى غاية المائة بالمائة، أي أن الخط الإنتاجي يصبح منسجماً ومتزناً تماماً. خلاصة هذه الوجهة هي أنها تهدف إلى تدنية زمن الدورة وبالتالي رفع معدل الإنتاج.

وأما الصيغة الثانية التي يمكن أن يُطرح بها المشكل فهي: بمعرفة مختلف المهام الواجب إنجازها ومدة كل منها وكذا العلاقات التي تربط بعضها البعض (قيود الأسبقية فيما بين العمليات)، وانطلاقا من زمن دورة محدد مسبقاً (مستهدف) نريد موازنة خط الإنتاج بالبحث عن أقل عدد ممكن من مراكز الإنتاج[1] يمكن إسناد إليه مختلف المهام محترمين في ذلك قيود الأسبقية مع السهر على أن لا يتعدى زمن التشغيل الإجمالي لأي من المراكز الإنتاجية زمن الدورة المقدر سابقاً. خلاصة هذا المنظور أنه يهدف إلى تدنية عدد مراكز الإنتاج وبالتالي تدنية أوقات العطل.

3-2 طرق حل مسائل الجدولة:

في الواقع تعد مسألة موازنة خط الإنتاج مسألة يصعب حلها بطريقة أمثل ومضبوطة يمكن تطبيقها في كل الأحوال، وبخاصة عندما يصبح عدد المهام (العمليات) كبير جدا (Problème NP-difficile) لذا يتم اللجوء في مثل هذه الحالات إلى طرق تقريبية تعرف على أنها طرق اجتهاد منظم Heuristiques للتوصل إلى حلول مرضية قد تكون مثلى أو قد لا تكون.

وترتكز أغلب تلك الطرق في بحثها عن موازنة الخط على منهج الحل التالي:[2]

- المرحلة1: تحديد معامل أولوية c_i لكل عملية i : (مثلا زمن العملية، أو مجموع أزمنة العمليات اللاحقة لها،...).
- المرحلة2: إذا كان قد تم تحديد المراكز j,...,1، وتم تخصيص بعض العلميات على المركز 1+j، إذن:

i) من بين العلميات المرشحة (التي تم تخصيص ما يسبقها من عمليات) والتي لا يزال ممكن تخصيصها على المركز 1+j دون تعدي زمن الدورة C، نخصص تلك التي لها أكر معامل أولوية c_i؛

---

[1]- نظريا يمكن حساب الحد الأدنى اللازم من مراكز الإنتاج كالتالي: $(n \geq n*) \quad n* = \frac{\sum_i t_i}{c}$

[2] - Yves Crama, op. cit. p : 25.

ii) إذا لم يعد بالإمكان تخصيص أي عملية إضافية على المركز j+1 دون تعدي زمن الدورة C، يجب إذن استحداث مركز j+2 وتخصيص عليه العملية المرشحة ذات أعلى معامل أولوية c_i.

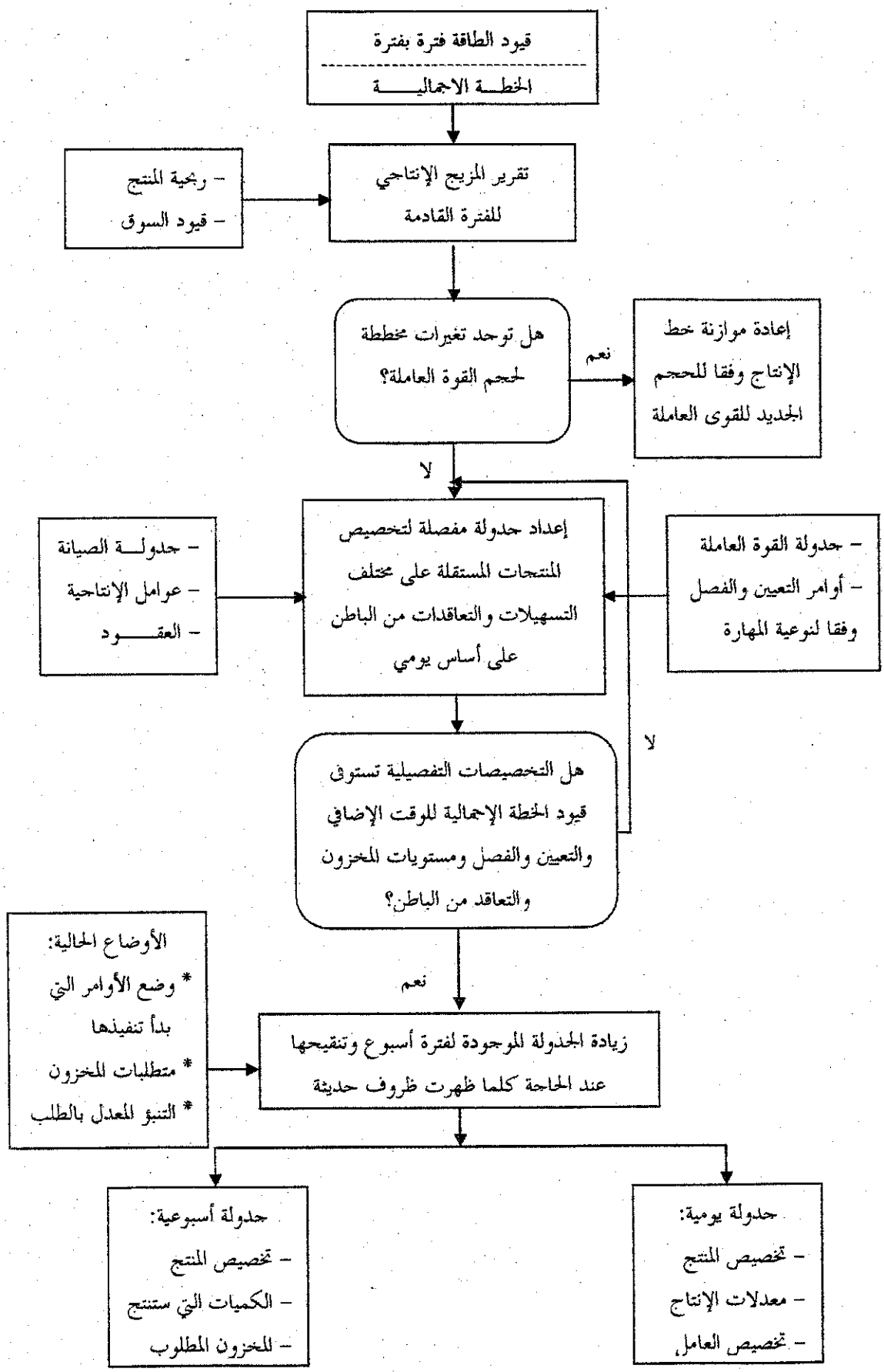
للإشارة فإن هناك عدة طرق يمكن إتباعها في تحديد معامل الترجيح (معامل الأولوية) نذكر منها على سبيل المثال:[1]

- معامل ترجيح عملية i هو زمن تصنيعها (Ci = ti)؛
- معامل ترجيح عملية i يساوي عدد العمليات اللاحقة لها مع إعطاء الأولوية لذات أكبر عدد من تلك العمليات اللاحقة؛
- طريقة Ranked Positionnel Weight: معامل ترجيح العملية i هو مجموع أوقات كافة العمليات اللاحقة لها، وغالبا ما تعطي هذه الطريقة حلولاً جيدة؛
- أخيرا تقوم طريقة Computer Method of Sequencing (COMSOAL) Operations For Assembly Lines على إعطاء نفس المعامل لكافة العمليات واختيار عملية بالصدفة؛ ولئن كانت هذه الطريقة تبدو قليلة الأهمية إلا أنها تعد قوية من حيث أنها تُعطي باستمرار عدداً كبيراً من الحلول ولا تُبقي إلا على أحسنها.

4- نظام جدولة خط الإنتاج وعلاقته بالخطة الإجمالية للإنتاج:

أخيراً قبل طي موضوع جدولة خط الإنتاج نريد تبيان العلاقة والارتباط القائمين بين هذا الموضوع والتخطيط الإجمالي للإنتاج، ويتسنى لنا هذا من خلال الشكل التالي الذي يمثل مراحل الجدولة لنظام خط الإنتاج وتفاصيل هذا النظام:

[1] - la même référence p :25.



الشكل 17: "مراحل الجدولة" خط الإنتاج– تدفق ثابت.

المصدر: د.فريد عبد الفتاح زين الدين، مرجع سابق، ص288.

المطلب الثاني جدولة الوحدات الإنتاجية:

لقد رأينا من خلال ما سبق كيف أنّ الجدولة في حال خط الإنتاج تتقلص لتقتصر على العمل على تصميم خط إنتاجي متوازن والسهر على ضمان ذلك التوازن؛ وهي في هذه الحال تعد بسيطة نوعاً ما إذا ما قارناها بما سنتعرض له بالتحليل في هذا الجزء، وترجع تلك السهولة النسبية إلى أنّ الخط الإنتاجي قد تم تصميمه بشكل يجعل العمليات تتدفق جميعها في اتجاه واحد وبذلك يكون من المعروف مسبقا أنّ العمليات تنتقل من مركز إنتاجي إلى آخر على طول الخط وبذات التسلسل؛ أمّا الحالة الّتي سنتعامل معها الآن فهي تتميز بكون المهام (الأوامر الإنتاجية) تكون في غير ذات الاتجاه داخل الوحدة نظراً لطبيعة كل أمر (كل طلبية). وبهذه القفزة نصبح أمام وضع أكثر صعوبةً وتعقيداً يستدعي توفر معلومات ومعطيات أكثر كمنحى تدفق كل طلبية.

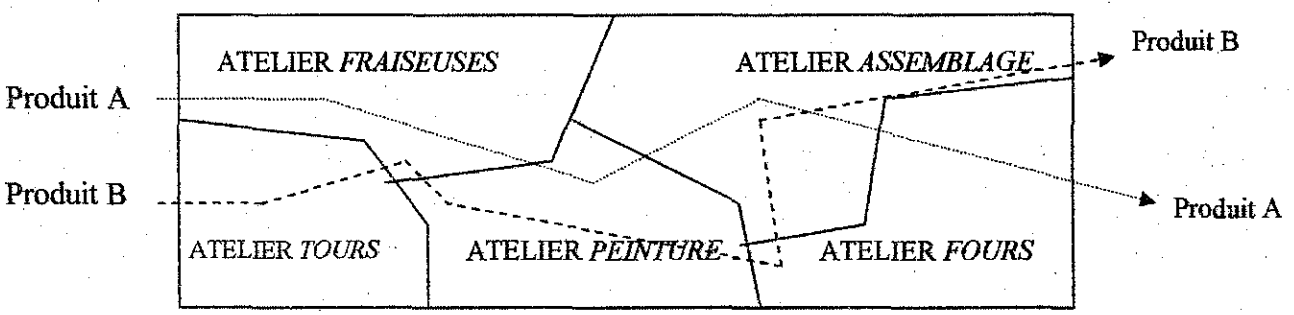
بعد إلقاء نظرة سريعة عن طبيعة تنظيم النظام الإنتاجي على شكل وحدات إنتاجية والسمات الرئيسية لمثل هذا التنظيم، نحاول تغطية موضوع الجدولة فيه بصياغة النموذج الأساسي للمسألة بصفة عامة أولاً ثم نفصّل في بعض المسائل بعينها مبينين أهم الطرق و النتائج في شأنها قبل أن نختم بطرق عامة في الحل.

1- التعريف بالوحدات الإنتاجية:

1-1 تعريف:

نقول عن نظام إنتاجي ما أنّه منظم على شكل وحدات إنتاجية Ateliers spécialisés إذا كانت كافة المعدات الّتي تؤدي نفس الوظيفة التقنية (آلات ثقب مثلاً) مجمعة في مكان واحد[1].

ويوضح الشكل الموالي نموذجا عن مثل هذا التنظيم:



الشكل 18: تنظيم الإنتاج على شكل وحدات إنتاجية " Ateliers Spécialisés".

المصدر: Vincent Giard, op. cit. p52.

1-2 خصائص الوحدات الإنتاجية:

يتميز النظام الإنتاجي في هذه الحال بما يلي[2]:

- آلات متعددة الأغراض (متشعبة) حيث تكون مصممة لتقديم مجموعة متنوعة نسبياً من العمليات لأنواع مختلفة من المنتجات؛
- استثماراً أولياً متوسطاً نسبياً لتقلص عدد الآلات المستعملة؛
- يد عاملة قادرة على القيام بعدة مهام، مؤهلة إذن ويصعب الاستغناء عنها؛
- يهتم التسيير بمسائل جدولة الإنتاج؛ تحديد الموقع الجغرافي للوحدات (الترتيب الداخلي للمصنع) بما يمكن من تدنية التنقلات بينها؛ وتسيير المخزون؛

---

[1] – Vincent Giard, op. cit. p51.

[2] -P. LAURENT et F. BOUARD, op.cit.p203.

- مخزون قيد الإنجاز ومنتجات نصف مصنعة مرتفع إلى حدٍ ما؛ من المفيد إذن الإنتاج بحصص كبيرة لتفادي تعيير الآلات حين المرور من نوع إنتاجي إلى آخر ولتخفيض التنقلات من وحدة إنتاجية إلى أخرى؛
- أخيراً، ترتفع التكاليف بعض الشيء إذا كان حجم الإنتاج متواضعاً (استثمارات أولية متوسطة)، وتزداد ارتفاعاً إذا زاد حجم الإنتاج نظراً لارتفاع التكاليف المتغيرة (يد عاملة ومخزون مرتفع).

2- صياغة النموذج الأساسي:

2-1 معطيات:

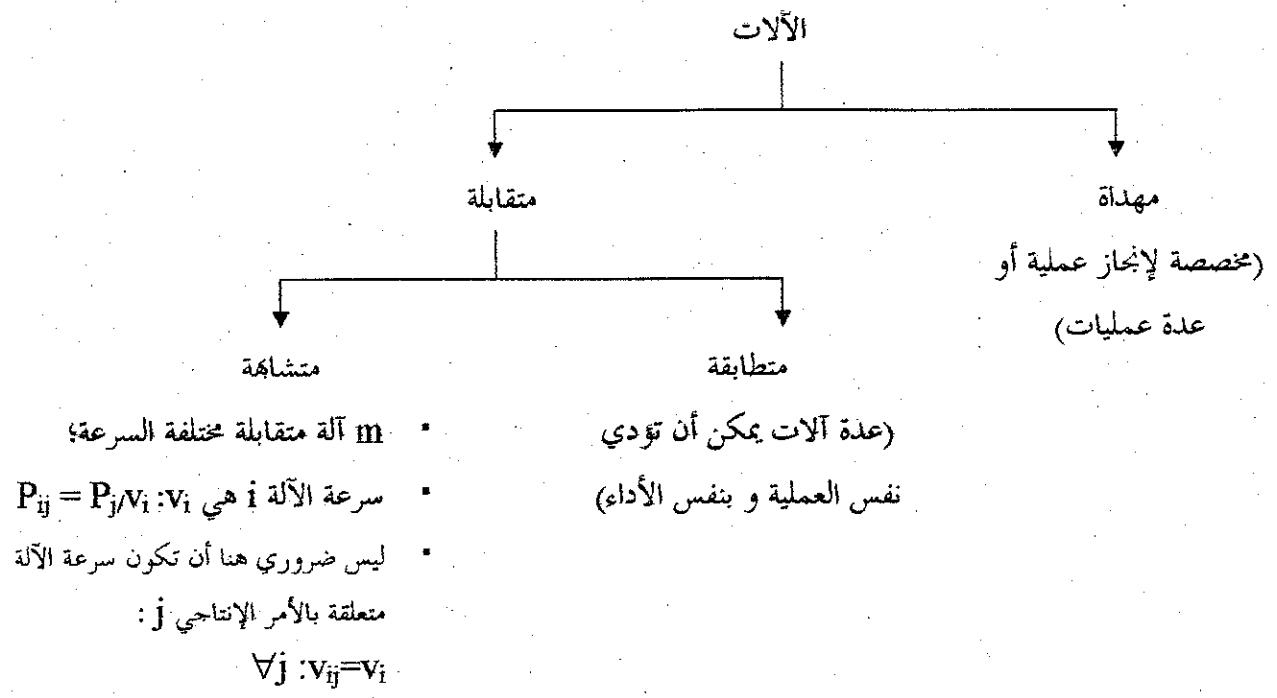
- n أمر إنتاجي يشكلون المجموعة J {n card(J)}؛
- كل أمر إنتاجي J_j يتكون من n_j عملية يجب إجراءها عليه وفق ترتيب معين؛
- m آلة؛ نرمز لآلة معينة بالرمز i؛
- P_{ij} هو الوقت الّذي يستدعيه الأمر j على الآلة i، أي هو زمن العملية الّذي نرمز له بـــ O_{ij}؛
- r_j وقت دخول الأمر الإنتاجي إلى النظام، وهو الوقت المبكر لبداية إنجاز الأمر j؛
- d_j وقت الانتهاء المتأخر للأمر j، وهو تاريخ استحقاقه؛
- W_j معامل الترجيح أو الأولوية للأمر j وهو يبين أهمية الأمر j بالنسبة لباقي الأوامر داخل النظام.

2-2 خصائص الآلات:

يمكن للآلات أن تكون متوازية أي متقابلة (Parallèles) إذا كانت هناك أكثر من آلة يمكن أن تقوم بنفس العملية؛ أو مهداة أي مخصصة "Dédiés" بخلاف ذلك. وقد تكون

الآلات المتوازية متطابقة "Identiques" إذا كانت متساوية السرعة في إنجاز عملية ما، أو متشابهة أي على نمط واحد "Uniformes"إذا لم تكن سرعتها متساوية بالضرورة.

ويوضح الشكل التالي مختلف هذه الأنماط الممكنة:



الشكل 19: خصائص الآلات.

المصدر: من وضع الطالب.

2-3 متغيرات القرار:

انطلاقاً من المعطيات السابقة يمكن استنتاج أقصى وقت يمكن أن يقضيه أمر إنتاجي معين داخل النظام والّذي نحصل منه على شرط إمكانية الجدولة، نبين هذا:

$$P_{ij} > 0 \Rightarrow a_j = d_j - r_j \qquad (1)$$

a_j: أقصى وقت يمكن أن يقضيه الأمر j داخل النظام.

انطلاقا من المعادلة (1) نحصل على شرط ضروري للحصول على جدولة ممكنة : الزمن الكلي أو الإجمالي لإنجاز الأمر j يجب أن لا يتعدى a_j :

$$\forall j \in J \quad P_j = \sum_{i=1}^{n_j} Pij \leq aj$$

إذا رمزنا بـــ:

C_j: تاريخ الخروج الفعلي للأمر j من النظام (تاريخ الانتهاء)؛

t_j: تاريخ البدء في معالجة الأمر j ؛

P_j: مدة إنجاز الأمر j ؛

سوف يكون لدينا:

$$C_j = t_j + P_j \quad (2)$$

وبماأنّ $C_j \leq d_j$ يمكن إذن كتابة:

$$\forall j \in J \quad r_j \leq t_j < C_j \leq d_j$$

وإذا عينا بـــ F_j الوقت الّذي يقضيه الأمر الإنتاجي j داخل النظام، وهو يعرف بزمن دورته:

$F_j = P_j = C_j - t_j$ (3) ;
Si : $t_j = r_j \Rightarrow F_j = C_j - r_j$;
et si : $r_j = 0$ (modèle de base) $\Rightarrow F_j = C_j$.

ويصبح شرط الحصول على جدولة ممكنة كالآتي:

$$F_j \leq a_j$$

عادة ما أنّ الأمر الإنتاجي لا ينتقل مباشرة من آلة إلى أخرى ونراه في كثير من الأحيان ينتظر أمام آلة مشغولة ريثما تتفرغ له، فإذا أقحمنا زمن الانتظار ذا ورمزنا بـــ R_{ij} مدة انتظار الأمر j أمام الآلة i لتلقي العملية O_{ij}، وبذلك يعبر R_j عن المدة الإجمالية الّتي ينتظرها الأمر j أمام كل آلة.

وتصبح المعادلات (2) و (3) على الشكل التالي:

$C_j = t_j + P_j + R_j$ (2') ;
$F_j = P_j + R_j = C_j - t_j$ (3') ;

ونكتب:

$$F_j \leq a_j \Rightarrow P_j + R_j \leq a_j$$

وإذا أردنا معرفة تقدم إنجاز الأمر الإنتاجي من تأخره عن تاريخ استحقاقه، فإنّنا نضيف متغير جديد إلى المتغيرات السابقة، نرمز له بـــ L_j ويدعى مقدار أو مدة التفاوت وتكون معادلته:

$L_j = C_j - d_j = F_j - a_j$ (يدعُ البعض هذا المتغير بالتأخر الجبري)

على أن يكون التأخر الفعلي T_j يعادل أكبر قيمة بين الصفر و L_j:

$$T_j = \max \{0, Lj\}$$

في حين يكافئ تقدم الأمر الإنتاجي E_j أعظم قيمة بين الصفر وسالب L_j:

$$E_j = \max \{0, -Lj\}$$

2-4 معايير التقييم:

تكمن أهم العوامل المستعملة في تقييم مسألة الجدولة في الاستعمال الفعال للموارد، الوقت الإجمالي، واحترام أكبر قدر ممكن من قيود المسألة.[1] ويمكن تلخيص أهم المعايير الّتي تعمل الجدولة على تدنيتها كما يلي:

- المدة الإجمالية: تناسب المدة الإجمالية للجدولة، الّتي يدعوها البعض كذلك بزمن الدورة (النموذج الأساسي)، تاريخ خروج آخر أمر إنتاجي من النظام ويعبَّر عنها رياضياً بالمعادلة التالية:

$$C_{max} = \max_{j \in J} C_j$$

ويعد هذا المعيار جد مهماً والأكثر استعمالاً حيث أنّه بتدنيته يتحقق الاستغلال الفعال للموارد بالرفع من متوسط درجة استعمال الآلات*، ولذا نجد الكثير من الإجتهادات والبحوث الحالية في مسائل الجدولة تقتصر على البحث على تدنية هذا المعيار على حسب الحال والمشكل المطروح.

- متوسط الوقت الّذي تستغرقه الأوامر الإنتاجية داخل النظام:

$$\bar{F} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{1 \le j \le n} (Cj - tj) \Rightarrow \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} Fj$$

- تدنية أعظم تأخر:

$$T_{max} = \max_{j \in J} \{Tj\} = \max_{1 \le j \le n} \{\max(0, Cj - dj)\}$$

---

[1] - J.Carlier et P.Chrétienne, problèmes d'ordonnancement : *modélisation/ complexité/ algorithmes*, Masson, Paris, 1988.p21.

* أنظر مثال 2، الصفحة 36 و الصفحات اللاحقة لها.

- تدنية متوسط التأخر:

$$\bar{T} = \left(\frac{1}{n}\right)\sum_{1\le j\le n}\max(0, Cj - dj) = \frac{1}{n}\sum_{1\le j\le n}^{n} Tj$$

- تدنية عدد الأوامر الإنتاجية المتأخرة:

$$Min(U = \sum_{j\in J} Uj) \text{ avec } Uj = \begin{cases} 0 \text{ si } Cj\le dj \\ 1 \text{ si } Cj>dj \end{cases} \text{ pour j=1,...,n}$$

U_j: مؤشر التأخر.

بالتمعن في المعايير المذكورة نجد أنّ المعايير الثلاثة الأخيرة تعطي نظرة وقياساً لمدى احترام مواعيد التسليم الموعودة (الآجال)؛ بينما تقيس كل من المدة الإجمالية ومتوسط الوقت الّذي تستغرقه الأوامر داخل النظام السرعة الّتي تتم بها معالجة الأوامر الإنتاجية داخل النظام؛ كما يمكن اعتبار المعيار الثاني F على أنّه مقياساً غير مباشراً للكمية قيد الإنجاز.

وجدير بالذكر أنّه يمكن إضفاء صبغة الترجيح على كافة المعايير من خلال معاملات الترجيح W_j كأن نعمل مثلاً على تدنية:

- متوسط التأخر المرجح: $\bar{T}w = \dfrac{\sum_j WjTj}{\sum_j Wj}$

أو - المجموع المرجح لتاريخ الانتهاء:

$$C_W = \sum_{j\in J} WjCj$$

وهو المعيار الّذي يمكن من تقدير تكلفة المخزون قيد الإنجاز وبالتالي نعمل على تدنية هذه التكلفة[1].

2-5 تصنيف مسائل الجدولة:

لقد جرت العادة على اختصار مسألة الجدولة المطروحة والتعريف بها باستعمال ثلاثية الرموز $\alpha|\beta|\gamma$ وفيما يلي شرح لما يمثله كل رمز من هذه الثلاثية"

[1] - voir J.Carlier et P.Chrétienne, la référence précédente p21-22.

α : يشتمل هذا الحقل على صنفين α_1 و α_2 إذ يوضح الجانب α_1 نوعية الآلات بينما يوضح α_2 عدد الآلات المكوِّنة للنظام:

$\alpha_1 \in \{\phi, P, Q, R, F, O, J\}$

$\alpha_1=\varnothing$: une seule machine ;

$\alpha_1=P$: machines parallèles identiques ;

$\alpha_1=Q$: machines parallèles uniformes ;

$\alpha_1=R$: machines parallèles non liées ;

$\alpha_1=F$: Flow-shop ;

$\alpha_1=O$: Open-shop ;

$\alpha_1=J$: Job-shop ;

$$\alpha_2 \in \{\Phi, m\} = \begin{cases} \alpha_2=\phi & \text{عدد الآلات متغير} \\ \alpha_2=m(m>0) & \text{عدد الآلات يساوي m} \end{cases}$$

β : تمثل قيود وخصائص النظام مثلاً:

Pmtn : préemptions autorisées ;
Prec : existence de relations de précédence entre tâches ;
Rj : avec contraintes des dates de disponibilité.

γ : المعيار (أو المعايير) الّذي نبحث عن أمثليته ، أي المعيار الّذي سوف نقيِّم من خلاله الجدولة الموضوعة.

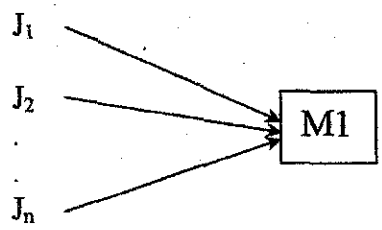
3- جدولة n أمر إنتاجي على آلة واحدة:

3-1 فرضيات المسألة:

– هناك عدة أوامر إنتاجية، مبدئياً مستقلة عن بعضها البعض، يجب معالجتها داخل الوحدة الّتي لا تحتوي إلاّ على آلة واحدة فقط (m=1) متوفرة دائما أي لا تتعطل. فكل أمر لا ينطوي إذن إلاّ على عملية واحدة فقط؛

- زمن أو وقت تعيير الآلة غير مرتبط بالتتابع المحدد لإنجاز هذه الأوامر الإنتاجية وتلك الأوقات مدرجة في مدة العمليات؛

- الآلة ليست قادرة إلاّ على معالجة أمر إنتاجي واحد فقط في نفس الوقت وأنّ الجدولة تسري بدون انقطاع (pas d'interruption) وبدون تأخر sans retard.



الشكل 20: جدولة n أمر إنتاجي على آلة واحدة.

المصدر: من وضع الطالب.

والسؤال المطروح هو: كيف يمكن جدولة تلك الأوامر الإنتاجية على الآلة المعنية بما يمكن من تحقيق الأهداف المرجوة ؟

3-2 النتائج الأساسية - قواعد الأولوية:

من خلال المسألة ومعطياتها يتبين أنّ الجدولة في هذه الحال لا تعدو أن تكون مسألة تحديد تتابع الأوامر على الآلة؛ ويكون هنا عدد جداول الإنتاج الممكنة كبير جداً، فمثلاً إذا أردنا برمجة إنجاز ثمانية أوامر إنتاجية سوف يصل عدد البدائل الممكنة إلى (40320 = !8) وهو عدد جداول الإنتاج الممكنة؛ غير أنّ ما يجب قوله هو أنّ تلك الجداول سوف لن تكون كلُّها على نفس القدر من الأهمية وما ذاك إلاّ لأن أمامنا أهدافاً نريد تحقيقها تتلخص في معايير تقييم كل جدول إنتاج. ولما كان عدد البدائل المتاحة يتزايد كلما يزيد عدد الأوامر الإنتاجية المراد جدولتها، يبدو من الأجدر والأليق أن لا تكون المفاضلة بين هذا الأمر وذاك وليدة للصدفة (وإن كانت هذه القاعدة تؤدي إلى نتائج جيدة أحيانا) وإنما بإتباع قواعد أولوية تتعلق في الأساس بطبيعة الأوامر الإنتاجية ومعطياتها؛ فيتم عند كل محطة

زمنية t (أولاها t_0 الوقت الحالي) اختيار الأمر الإنتاجي الأوْلى من بين الأوامر المرشحة $(j \mid r_j \le t)$ وتتحدد هذه المحطات الزمنية وفق القاعدة التالية:

- أعظم قيمة من بين أقرب تاريخ انتهاء من العمليات المجدولة (O)[*] وأقرب تاريخ بدء مبكر للعمليات غير المجدولة بعد (N) :

$$t = \max\left\{\min_{j\in O}(t_j + P_j), \min_{j\in N}(r_j)\right\}$$

وفيما يلي أهم النتائج المحصل عليها في هذا الشأن باستعمال قواعد الأولوية:

- مهما كان التتابع الّذي ستجري عليه الأوامر الإنتاجية على الآلة فإنّ المدة الإجمالية واحدة، وبذلك نقول أنّ جميع جداول الإنتاج الممكنة تُعطي حلاً أمثلاً بالنسبة لمعيار المدة الإجمالية وهي المدة التي تساوي ببساطة مجموع أزمنة الأوامر:

$$C_{\max} = \sum_{j=1}^{n} Pj$$

- ترتيب الأوامر الإنتاجية ترتيباً تصاعدياً وفقاً للقاعدة Weighted WSPT Shortest Processing Time first يمكّن من تدنية الوقت المتوسط المرجح $(\bar{F}_w)$ ومن تدنية المخزون قيد الإنجاز C_w ؛ أما إذا كانت كل الأوامر الإنتاجية تمثل نفس الدرجة من الاهتمام $(\forall j, Wj = 1)$ فإنّ القاعدة WSPT تصبح SPT وهي القاعدة التي تعني البدء في إنجاز الأوامر التي يلزمها وقت قصير أولا والّتي باتباعها نتحصل على أفضل حل (أفضل تتابع) إذا كان الهدف هو تدنية متوسط الوقت الّذي تقضيه الأوامر بالوحدة الإنتاجية $(\bar{F})$ ومنه متوسط تاريخ الإنجاز $(\bar{C})$ وينجر عن هذا كلّه تدنية وتخفيض مدة الاحتفاظ بالمخزون من المواد قيد الإنجاز نظراً لعدم الاحتفاظ بالأوامر لمدة طويلة داخل الوحدة. وكان سميث Smith قد أثبت رياضياً عام 1956 أنّ قاعدة SPT في حالة آلة واحدة

[*] العملية التي هي على الآلة، ويصادف هذا التاريخ تاريخ تحرر الآلة.

هي الّتي تدني من المعيار $\bar{F}$ (المعروف كذلك بمتوسط وقت الدوران) وتعطي دائما أفضل الحلول بالنسبة لهذا المعيار رافعةً بذلك من درجة استغلال الموارد؛

- ترتيب الأوامر حسب قاعدة الأمر الذي يستوجب وقتاً قصيراً أولاً(SPT) سوف يمكّن من تدنية متوسط الإنحراف عن الآجال و الذي نرمز له بـــ $\bar{L}$؛
- إعداد جدولة اعتماداً على قاعدة أقرب تاريخ استحقاق أوّلاً EDD Earliest Due Date first الّتي تعرف بقاعدة "جاكسون règle de Jackson" يمكّن من تقليص أقصى انحراف عن الآجال (L_{max}) وكذا أقصى تأخر T_{max} ؛
- تدنية عدد الأوامر المتأخرة $Min\sum Uj$ يتم من خلال خوارزمية Moore [*Mor* 68][1]:

[1] - Steven Nahmias: Production et Operations Analysis, 4ième edition, McGraw-Hill Irwin200, cité à : Claude Olivier , gestion de la production , École de technologie supérieure , Université du Québec , 2002.p 8.12.

خوارزمية "مور" Algorithme de Moore

1) رتِّب الأوامر حسب تاريخ استحقاقها EDD للحصول على حل أوَّلي؛
2) ماهو أوَّل أمر إنتاجي الذي يكون متأخراً، وليكن الأمر[j]
(إذا لم يكن هناك أي أمر إنتاجي متأخر، اذهب إلى المرحلة4)؛
3) خُذ الأوامر [j]...,[2],[1] بعين الإعتبار ، اطرح الأمر ذو أطول مدة زمنية،
ارجع إلى المرحلة 2)؛
4) قُم بإعداد تتابع أمثل باستعمال التتابع الحالي و أضف إليه الأوامر المطروحة.

- الأوامر المطروحة يمكن إجرائها في أي ترتيب كان لأنها أوامر متأخرة على كل حال.

- إذا تخلينا عن فرضية استقلالية الأوامر الإنتاجية عن بعضها البعض و أقحمنا قيود الأسبقية فيما بينها، يمكن إتباع منهجية خوارزمية "لاولر" (Algorithme de Lawler) في الحل إذا كان الهدف هو تدنية أقصى انحراف عن الآجال L_{max} و أقصى تأخر T_{max}.[1]

Minimiser $\max_{1\le j\le n} g_j(F_j)$

Où g_j est une fonction non décroissante de F_j.

[1] - La même référence précédente p 8.14. L'algorithme est à la page suivante.

- minimiser le délai maximum (lateness) :
  $g_j(F_j) = L_j = F_j - d_j$.

- minimiser le retard maximum (tardiness) :
  $g_j(F_j) = \max\{0, L_j\} = \max\{0, F_j - d_j\}$.

خوارزمية "لاولر" Algorithme de Lawler

1) تعمد خوارزمية "لاولر" في جدولة الأوامر الواجب انجازها إلى البدء بآخر أمر إنتاجي ثم الذي يسبقه (الذي هو قبله) و هكذا؛

2) عند كل مرحلة نحدد مجموعة الأوامر التي ليست لها قيود أسبقية و نرمز لهذه المجموعة بـــ V؛

3) نختار أمراً إنتاجياً من المجموعة V بحيث:

$$g_k(\tau) = \min_{j \in V} (g_j(\tau))$$

أين:

$$\tau = \sum_{j=1}^{n} P_j$$

و يوافق المدة التي تستغرقها معالجة التتابع الجاري.

يتم إذن جدولة الأمر الإنتاجي k.

4) بعدها نعيد تقييم المجموعة V التي يمكن أن تكون قد تغيرت أو لا. تتقلص قيمة τ بـــ P_k و يتم جدولة الأمر الذي يسبق مباشرة الأمر الإنتاجي الأخير.

4- الجدولة في حال عدة آلات متقابلة:

رأينا في الفقرة السابقة كيف أنّ الجدولة في حالة آلة واحدة تكمن أساساً في البحث عن تحديد تتابع الأوامر الإنتاجية على تلك الآلة آخذين بعيين الاعتبار المعيار المراد تدنيته، ورأينا كيف أنّ معيار المدة الإجمالية للجدولة C_{max} لا يطرح مشكلة على الإطلاق إذ أنّه يبقى ثابتا ويساوي مجموع أزمنة العمليات أيًّا كان التتابع المختار؛ غير أنّ هذا المعيار سيصبح، فيما سنراه من حالات لاحقة، مشكلاً جوهرياً وأساساً معيارياً في تقييم مختلف البدائل المطروحة من الجدولات من حيث أنّ تدنيته تُعظّم من درجة استغلال المتاح من التسهيلات الإنتاجية.

تتلخص المسألة الّتي نحن بصددها الآن في وجود عدة آلات قادرة على معالجة الأمر الإنتاجي في حين أنّه لا يستدعي إلاّ واحدة منها، ويمكن حل مثل هذه المسائل باتخاذ قرارات التعيين (التخصيص)، ويجري الحل عادة من خلال مرحلتين[1]:

1- تقرير على أي آلة نعيِّن كل عملية (كل أمر)؛

2- تحديد تتابع العمليات على كل آلة.

4-1 حل مسائل الجدولة باستعمال مسائل التخصيص:

4-1-1 التعريف بمسائل التخصيص:

تعتبر مسائل التخصيص حالة خاصة من مسائل النقل[2] و تستمد خصوصيتها تلك في كونها تبحث عن امثل تخصيص لمجموعة من الآلات على مجموعة الأوامر الإنتاجية على أن لا يتم تخصيص إلاّ أمر إنتاجي واحد فقط على آلة واحدة و بالتالي ليس باستطاعة الآلة إنجاز أكثر من أمر إنتاجي واحد، عكس مسائل النقل أين يمكن أن يُنجز الأمر على أكثر من آلة كما أن بإمكان الآلات معالجة أكثر من أمر إنتاجي.

---

[1] - Pierre Lopez, Francois Roubellat, op. cit. p44.

[2] تُغطي مسائل النقل جانباً مهماً في إعداد جداول الإنتاج و العمليات و بالخصوص حالات التوزيع و التسويق إضافة إلى مجالات النقل الجوي و البحري أين يتم البحث عن أمثلية هدف معين كتدنية التكاليف أو تعظيم الأرباح؛ حل هذا النوع من المسائل يعتمد على تحديد حل أساسي أولي باستعمال إحدى الطرق: طريقة فوجل، طريقة الزاوية الشمالية الغربية أو طريقة أقل التكاليف، ثم تحسين ذالك الحل الأساسي حتى الوصول إلى الحل الأمثل بإتباع منهجية معينة.

تخصيص آلة واحدة فقط لمعالجة أمر إنتاجي واحد فقط في مسائل التخصيص يفترض تساوي عدد الآلات مع عدد الأوامر الإنتاجي بحيث يراد تدنية (أو تعظيم) مقياس كفاءة يتم من خلاله تقييم جودة التخصيص كما يوضحه البرنامج الرياضي الخطي:

النموذج الرياضي لمسائل التخصيص

المصدر: Gérald Baillargeon, Programmation linéaire appliquée « *Outils d'optimisation et d'aide à la décision* », Les éditions SMG, 2ème tirage 1996.p 343.

Minimiser (ou maximiser) la fonction objectif $Z= \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}$

Avec les contraintes :

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, \quad i = 1,..., n$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \quad j = 1,..., n$$

$x_{ij} = 0$ ou 1 pour tout i et j.

أين:

- x_{ij} : تعني تخصيص مرتقب للآلة i لإنجاز الأمر j، و تكون $x_{ij} = 1$ إذا تم فعلا تخصيص الآلة i للأمر j، أو $x_{ij} = 0$ إذا لم يتم تخصيص الآلةi للأمرj؛
- c_{ij} : تكلفة تخصيص الآلة i لانجاز الأمرj.

و قد يكون الهدف من وراء عملية التخصيص متمثلاً في البحث عن أدنى تكلفة لإنجاز الأوامر أو أدنى مدة إجمالية لإنجازها أو أي هدف آخر تراه المنظمة مناسباً؛ و يعكس الرسم البياني التالي بنية تركيبية لمسألة التخصيص في جدول ذو مدخلين:

الموارد \ الأنشطة	1	2	3	...	n	a_i
1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	c_{13} x_{13}	. . .	c_{1n} x_{1n}	1
2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	c_{23} x_{23}	. . .	c_{2n} x_{2n}	1
3	c_{31} x_{31}	c_{32} x_{32}	c_{33} x_{33}	. . .	c_{3n} x_{3n}	1
.	.	.	.	. . .	.	.
.	.	.	.	. . .	.	.
.	.	.	.	. . .	.	.
n	c_{n1} x_{n1}	c_{n2} x_{n2}	c_{n3} x_{n3}	. . .	c_{nn} x_{nn}	1
b_j	1	1	1	...	1	

الجدول 1: هيكل مسألة التخصيص.

المصدر: Gérald Baillargeon, la source précédente, p344

4-1-2 طرق حل مسائل التخصيص – خوارزمية kuhn:

حل مسائل التخصيص يمكن أن يتم بإتباع عدة طرق منها:[1]

- طريقة العد الكامل؛
- الطريقة المجرية (الهنغارية)؛
- طريقة البرمجة الخطية؛
- طريقة النقل.

[1]- فتحي خليل حمدان، رشيق رفيق مرعي،مرجع سابق ص165.

و سنكتفي هنا بعرض خطوات الطريقة المجرية في حل مسائل التخصيص و هي الطريقة التي تُعرف "بخوارزمية kuhn" حيث تبدو هذه الطريقة الأكثر أهمية في هذا الخصوص؛ فطريقة العد الكامل تقوم على اختبار و دراسة جميع البدائل الممكنة و يعد هذا أمرًا شاقاً نوعاً ما من وجهة نظر تطبيقية، فأمام مسألة من n أمر إنتاجي و n آلة هناك n ! إمكانية يجب اختبارها ثم اختيار صاحبة أمثل حل، و لهذا غالباً ما يتم تعويض هذه الطريقة بطريقة أخرى فعالة تعرف بطريقة الفرع و الحد (Branch and Bound) التي سنتعرف عليها لاحقا عند دراسة المسائل العامة للجدولة، كما يمكن برمجة مسألة التخصيص رياضياً في شكل برنامج خطي كما يوضحه النموذج الرياضي السابق ثم حل البرنامج باستعمال الحاسب الآلي عبر برنامج "LINDO" فيما نترك طريقة النقل لمسائل النقل التي بيَّنا أساسها في هامش الصفحة 65.

خوارزمية Kuhn(الطريقة المجرية)

الهدف: البحث عن التخصيص الذي يحقق أدنى قيمة إجمالية للمعيار (المدة الإجمالية مثلاً)

- المرحلة 1: إنطلاقاً من المصفوفة الأولية (مصفوفة المعطيات) نأخذ أدنى قيمة من بين قيم كل صف ثم نقوم بطرحها من كل القيم الموجودة بذلك الصف (بما في ذلك القيمة نفسها "التي تصبح مساوية للصفر")، وهكذا نحصل على مصفوفة جديدة؛

- المرحلة 2: إنطلاقاً من المصفوفة الجديدة المحصل عليها في المرحلة1 نقوم بإختيار أدنى قيمة في كل عمود ليتم طرحها من كل القيم الموجودة في ذلك العمود (بما في ذلك القيمة نفسها) لنحصل بذلك على مصفوفة جديدة أخرى تحتوي على قيم صفرية؛

- المرحلة 3: تعرف هذه المرحلة بمرحلة إختبار أمثلية الحل، و يتم ذلك بتغطية جميع القيم الصفرية برسم أقل عدد ممكن من الخطوط (أفقية أو عمودية) التي تغطيها؛ فإذا كان عدد تلك الخطوط مساوياً للعدد n (عدد الأسطر أو الأعمدة) فإننا نكون قد توصلنا إلى الحل الأمثل للمسألة، و سنأتي على كيفية قراءة هذا الحل الأمثل؛ أما إذا كان عددها أقل من العدد n فيجب إذن الإنتقال إلى المرحلة4؛

- المرحلة4: إختيار أصغر قيمة من بين القيم غير المغطاة و طرحها من جميع القيم غير المغطاة و إضافتها إلى تلك القيم التي تقع عند تقاطع الخطوط المرسومة، و هكذا نحصل على مصفوفة جديدة ثالثة تحتوي على قيم صفرية جديدة؛
- المرحلة5:نختبر أمثلية الحل بالرجوع إلى المرحلة3.

- **ملاحظات حول مسائل التخصيص:**

- لقراءة الحل الأمثل نقوم بإختيار أولاً بأول السطر الذي به أقل عدد من الأصفار، نختار أحدها و نحصره ثم نشطب باقي الأصفار على نفس السطر و نفس العمود الموافق له؛ نعود إلى مصفوفة المعطيات و نعوض الأصفار المحصورة بقيمها الأصلية لنحصل على القيمة المثلى لدالة الهدف ثم نعطي القيمة "1"للمتغيرات X_{ij} الموافقة لها و القيمة "0" للخلايا الأخرى، و بهذا نحصل على التخصيص الأمثل للمسألة؛
- إذا كان الهدف هو البحث عن تعظيم معيار معين، يتم تحويل المصفوفة الأولية (مصفوفة المعطيات) إلى مصفوفة مماثلة بإتباع الخطة التالية:نقوم بتحديد أقصى قيمة في المصفوفة $\text{Max } C_{ij}$ ثم نحدد قيم المصفوفة المماثلة بتطبيق القاعدة:

$C'_{ij}=\text{Max } C_{ij}-C_{ij}$؛

- إذا لم يكن عدد الأسطر (عدد الآلات) مساويا لعدد الأعمدة (عدد الأوامر الإنتاجية) يتم أولاً تحويل المصفوفة إلى مصفوفة مربعة بإضافة أعمدة أو أسطر بحسب الفرق الموجود بينهما و إعطاء القيمة "0" لـــ C_{ij} لكافة خلايا هذه الأعمدة أو الأسطر المزادة.

4-2 تدنية المدة الإجمالية $Pm||C_{max}$:

تعتبر مسألة $Pm||C_{max}$ مسألة جد مهمة نظراً لأنّ تدنية هذا المعيار تؤدي إلى التوزيع الأحسن للأعباء على مختلف الآلات وهذا أمر في غاية الأهمية في الواقع.
سوف نفصل هذه المسألة الفرعية إلى جزئين أولهما البحث عن تدنية المدة الإجمالية بدون قيود أسبقية وبدون انقطاع (sans préemption) في مرحلة أُولى ثمّ نتخلى عن هذا الافتراض الأخير ونراه فيما إذا كان الإنقطاع في إنجاز الأوامر مسموحاً به؛ أما ثاني الجزئين فسيتعرض للبحث عن تدنية المدة الإجمالية مع وجود قيود أسبقية.

4-2-1 تدنية المدة الإجمالية بدون قيود أسبقية:

أ. بدون انقطاع:

إذا كانت الجدولة غير مشفعة، أي من دون انقطاع، فالمسألة تعد مستعصية الحل انطلاقا من آلتين ($Pm||C_{max}$ est N-P difficile) ؛حينئذ يتم الرجوع إلى استعمال طرق اجتهاد منظم Heuristiques من أجل حل المشكل في عمومه $Pm||C_{max}$. من بين هذه الطرق تلك الطريقة الّتي تقوم على ترتيب الأوامر على أساس القاعدة LPT (الأوامر الّتي يلزمها وقت طويل أولاً) ثمّ نخصصها وفقاً لهذا الترتيب على الآلة الأقل حمولة، وبهذا نرى

كيف أنّ هذه الطريقة تعمد إلى ترك الأوامر ذات وقت قصير إلى آخر الجدولة بحيث يمكن استعمالها لتسوية الأعباء فيما بين الآلات[1].

ب. مع انقطاع:

يمكن صياغة هذه المسألة $Pm|prmp|C_{\max}$ رياضيا على شكل البرنامج الخطي التالي[2]:

Minimiser $C_{\max}$

Sujet à :

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = P_j, \quad j = 1,...,n \ ;$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \le C_{\max}, \quad j = 1,...,n \ ;$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le C_{\max}, \quad i = 1,...,m \ ;$$

$$x_{ij} \ge 0, \quad i = 1,...,m. \quad j = 1,...,n$$

- x_{ij} : إجمالي الوقت الذي يقضيه الأمر j على الآلة i ؛
- يحرص القيد الأوّل على ضمان أنّ كل أمر يتلقى معالجة (إنجازاً) بالمقدار المطلوب؛
- يفرض القيد الثاني أن يكون إجمالي مقدار الإنجاز الذي يتلقاه كل أمر أقل من مساويا للمدّة الإجمالية C_{max} ؛
- يضمن القيد الثالث أنّ إجمالي مقدار الإنجاز على كل آلة هو أقل من المدّة الإجمالية.

ويمكن إعادة كتابة القيد الثاني والثالث على النحو :

$$C_{\max} - \sum_{i=1}^{m} x_{ij} \ge 0, \quad j = 1,...,n.$$

$$C_{\max} - \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \ge 0, \quad i = 1,...,m.$$

---

[1] - Michel Pinedo, op. cit. p 62.

[2] - la même référence p72.

يمكن حل هذا البرنامج الخطي آنياً، غير أنّ الحل لا يوجب جدولة واقعية، فهو يوضح مقدار الوقت الذي يجب أن يقضيه الأمر على الآلة i ليس إلاّ؛ ولكن يمكن بهذه المعلومة إعداد جدولة بسهولة.

لحل مثل هذه المسائل $Pm|prmp|C_{max}$ نجد خوارزمية Mac Naughton تُعطي في الحين جدولة ذات مدّة إجمالية دنيا :[1]

خوارزمية Algorithme de Mac Naughton

1) $C^*_{max} = \max\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{n} P_j, \max_j P_j\right)$ ؛

2) اختر عملية وقم بوضعها على جدول الآلة الأولى في الزمن t=0 (الزمن الحالي)؛

3) ضع وفق وقت مبكر على جدول نفس الآلة عملية أخرى غير مختارة بعد.
أعد هذه المرحلة طالما أنّ المدة الإجمالية على الآلة لم تتعد C^*_{max}.

4) قم بتحويل الجزء المجدول بعد C^*_{max} إلى الآلة اللاحقة.
إرجع إلى المرحلة 3.

[1] - Pierre Lopez, Francois Roubellat, op. cit. p44-45.

4-2-2 تدنية المدة الإجمالية مع وجود قيود أسبقية $Pm|prec|C_{max}$:

بالنسبة لهذه المسألة وفي الحالة الخاصة أين يكون عدد الآلات المتقابلة أكبر من أو مساوياً لعدد الأوامر ، يمكن أن نكتب ($m \geq n$) وهي الحالة الّتي نرمز لها $P\infty|prec|C_{max}$ ، نكون في الحقيقة أمام مسائل تخطيط وجدولة المشاريع الّتي يمكن حلها باستعمال أساليب التحليل الشبكي (أسلوب المسار الحرج CPM أو أسلوب تقويم البرامج ومراجعتها PERT).

4-3 إجمالي تواريخ الإنجاز $Pm||\Sigma c_i$:

يمكن تدنية إجمالي ومتوسط آجال إنجاز الأوامر باستعمال قاعدة SPT ، أي الأوامر الّتي يلزمها وقت قصير أوّلا ، ويعد الحل المحصل عليه بتطبيق هذه القاعدة حلاً أمثلاً لهذه المسائل($Pm||\Sigma c_j$).

في حال الترجيح $Pm||\Sigma c_w$ يمكن التوصل إلى حلول جيدة اعتماداً على القاعدة WSPT-FAM [1] ؛ وبإدراج قيود الأسبقية $Pm|prec|c_w$ تصبح المسألة في غاية التعقيد وصعبة الحل آنياً (N-P difficile au sens fort).

5- الجدولة في حال وحدة إنتاجية بتدفق ثابت (Flow Shop):

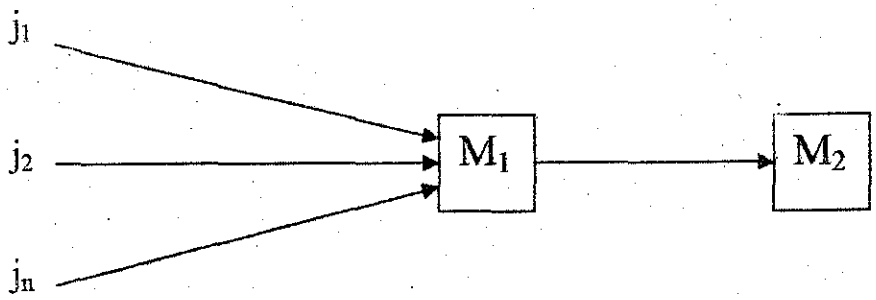
5-1: جدولة عدّة أوامر إنتاجية على آلتين $F2|prmu|C_{max}$:

تحت هذا العنوان نحاول دراسة كيف تتمّ جدولة عدّة أوامر إنتاجية على آلتين متتاليتين ، أي أنّ التدفق في هذه الحالة يكون ثابتاً (flow shop) بحيث يمرّ كل أمر إنتاجي على الآلة الأولى أوّلاً ثمّ ينتقل إلى الآلة الثانية ، وسنكتفي في هذه الحال بالبحث عن أمثل

[1] - Weighted Shortest Processing Time on First Available Machine.

جدول إنتاج من حيث مدته الإجمالية لأنّه أهمّ معيار يُبحث عن تدنيته، كما أنّ الجدولة هنا غير متقطعة non préemptif.

لا شكّ أنّ في ظل ظروف كهاته هناك ! n بديل ممكن من جداول الإنتاج، فمثلا إذا أردنا جدولة 5 أوامر إنتاجية يكون أمامنا 120 اختيار ولا نريد الاحتفاظ إلاّ بذلك الذي يمثل أدنى مدّة إجمالية ممكنة؛ ويوضح الشكل 21 هذه الحالة.



الشكل 21: جدولة عدّة أوامر وآلتين (تدفق ثابت).

المصدر: من وضع الطالب.

يمكن حل مثل هذه المسائل الّتي نرمز لها بـــ $F2|prmu|C_{max}$ والتوصل آنيا إلى أحسن بديل اعتماداً على قاعدة جونسون الاكتفائية ؛ فإذا كنا نعلم أنّ :

- P_{1j} : مدة معالجة الأمر j على الآلة 1 ؛
- P_{2j} : مدّة معالجة الأمر j على الآلة 2.

تقول هذه القاعدة أنّ الأمر j يسبق الأمر j' في التتابع الأمثل إذا :

$$Min\ (P_{1j}, P_{2j'}) < Min\ (P_{1j'}, P_{2j})$$

تقوم خوارزمية جونسون على جدولة أوّلاً الأوامر الّتي لا تستدعي وقتاً طويلاً على الآلة الأولى ونترك تلك الّتي توجب وقتاً قصيراً على الآلة الثانية إلى آخر التتابع ، ويبدو أنّ جونسون كان محققا تماماً في تفكيره حيث أنّه طالما أنّ الآلة الثانية تكون تنتظر (وهي بعد الأولى) ، من الأَوْلى بنا أن نمرّر الأمر ذي أقل وقت على الآلة الأولى لنُعجِّل من تشغيل الآلة الثانية بما يرفع من درجة استغلالها.

تتلخّص خوارزمية "جونسون" في المراحل التالية:*

i. من قائمة أوقات عمليات الأوامر على الآلتين ، أوجد أدناها { $Min\{P_{1j},P_{2j}\}$ ؛

ii. إذا كان هذا الوقت الأدنى يقع على الآلة الأولى ، قم بتخصيص الأمر الذي يقابله قدر الإمكان في أوّل التتابع ؛

أمّا إذا كان هذا الوقت يقع على الآلة الثانية ، فقم بتخصيص الأمر المعني في مؤخرة التتابع قدر الإمكان.

iii. اشطب الأمر المجدول من قائمة الأوامر؛

أعد الخطوات من الأوّل إلى حين يتمّ ترتيب جميع الأوامر.

صيغة أخرى لخوارزمية "جونسون" :

1- قم بإعداد مجموعتي الأوامر U و V بحيث :

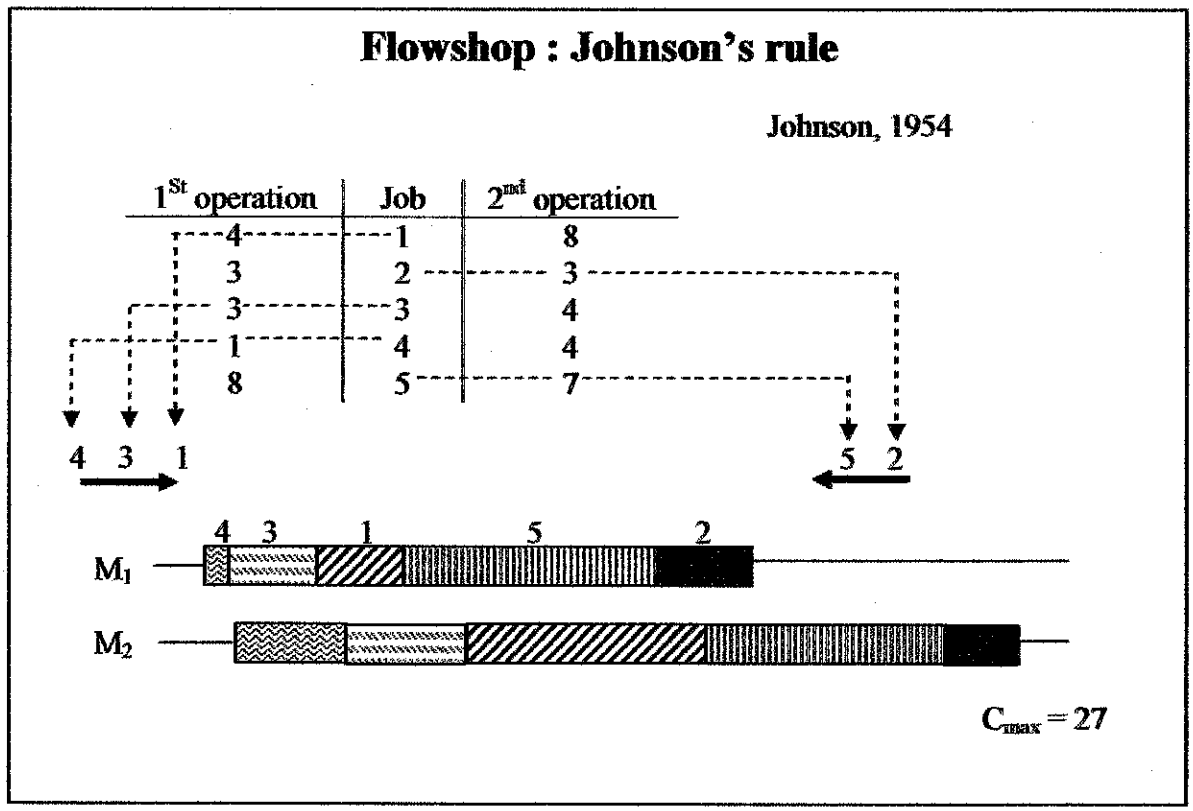
$$U=\{ j | P_{1j}<P_{j2}\} \text{ et}$$
$$V=\{ j | P_{1j}>P_{j2}\}$$

2- قم بترتيب الأوامر المكوِّنة للمجموعة U وفقا للقاعدة "SPT"على الآلة الأولى (أي وفق ترتيب متصاعد لـــ P_{1j})؛ والأوامر المكونة للمجموعة V وفقا للقاعدة "LPT" على الآلة الثانية (أي وفق ترتيب تنازلي لـــ P_{2j}).

3- يكمن التتابع الأمثل في إجراء المجموعة المرتبة U متبوعةً بالمجموعة المرتبة V.

يوضح الشكل التالي مثالاً عن حالة جدولة عدة أوامر إنتاجية و آلتين و كيفية تطبيق خوارزمية "جونسون".

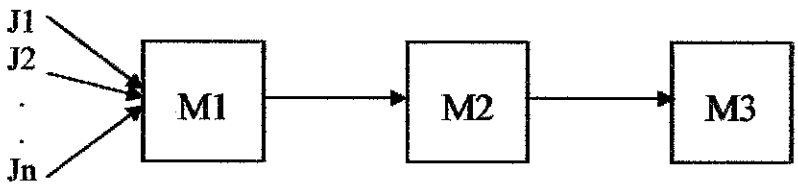
* – يمكن استعمال نفس الخوارزمية للوصول إلى الحلّ الأمثل إذا كان الهدف هو تدنية متوسط الوقت الذي يقضيه كل أمر داخل النظام (إجمالي الوقت/ عدد الأوامر).



الشكل 22: مثال عن حالة جدولة عدة أوامر إنتاجية و آلتين(تدفق ثابت).

المصدر: Philippe Baptiste et *al*, Job-Shop Scheduling, *vol* 20,Groupe Ordonnancement, 07 mars 2000.

2-5 : جدولة عدة أوامر إنتاجية و 3 آلات $F3|Prmu|C_{max}$:



الشكل 23:جدولة عدة أوامر إنتاجية و 3 آلات (تدفق ثابت).

المصدر: من وضع الطالب.

في حقيقة الأمر تعتبر هذه المسألة امتداداً للحالة السابقة $(F2|prmu|C_{max})$ و يمكن التوصل إلى أفضل تتابع ذو أدنى مدة إجمالية للعمل C_{max} بإسقاط قاعدة جونسون على مثل هذه الحال و تكييفها مع هذا الواقع الجديد إذا تحقق أحد الشرطين التاليين :

$$\text{Min } P_{1j} \geq \text{Max } P_{2j} \quad \text{أو} \quad \text{Min } P_{3j} \geq \text{Max } P_{2j}$$

ما يتضمنه الشرطان هو أن حمولة الآلة الثانية M2 هي دائما أقل من حمولة الآلتين M1 و M3 .بما يسمح من التأكد من أن الآلة الثانية سوف لن تُشكِّل عنق زجاجة، أي نقطة إختناق، بالنسبة للعملية الإنتاجية و أن الأوامر الإنتاجي ستسري بانسياب من M1 إلى غاية M3.

فإذا كان الأمر كذلك، يمكن تطبيق خوارزمية جونسون لحل المسألة بتحويلها إلى مسألة ذات آلتين فقط على النحو التالي :

1. نقوم بوضع آلة و همية أولى تمثل أوقات التشغيل فيها مجموع أوقات التشغيل الخاصة بالآلتين الأولى و الثانية : $MF1= P_{1j} + P_{2j}$؛

2. كذلك نقوم بوضع آلة وهمية ثانية، أوقات التشغيل عليها هي مجموع أوقات الآلتين الثانية و الثالثة حسب كل أمر : $MF2= P_{2j} + P_{3j}$؛

3. بهذا تصبح المسألة ذات آلتين فقط MF_1 و MF_2 و بالتالي يسهل حلها باستخدام طريقة جونسون السابقة للحصول على أدنى مدة إجمالية يمكن من خلالها معالجة جميع الأوامر.

5-3: الحالة العامة : جدولة عدة أوامر إنتاجية على عدة آلات Fm|prmu|Cmax :

5-3-1: أوقات التركيب / التفكيك غير مرتبطة بترتيب الأوامر الإنتاجية (النموذج الأساسي):

تعرف الحالة العامة لمسائل جدولة الإنتاج بتدفق ثابت عدداً هائلاً من التتابعات الممكنة يبلغ عددها نظريا !n، و بهذا فهي لا تعرف طريقة مضبوطة ومعروفة و دقيقة يمكن تطبيقها في كل الأحوال و إنما يتم اللجوء إلى استعمال طرق اجتهد الباحثون في وضعها تحاول الوصول إلى حلول جيدة ولو لم تكن مثلى بالضرورة.

من بين هذه الطرق نجد تلك الطريقة المقترحة من قبل الثلاثي "كامبل، دودك و سميت" و هي طريقة شائعة الاستعمال في هذا الخصوص و تستند في الأساس إلى طريقة جونسون حيث يجب وضع m -1 مسألة وهمية من آلتين مترادفتين في كل مرة ثم حلها وفق خوارزمية جونسون.

طريقة كامبل، دودك و سميت La méthode Campbell, Dudek et Smith :[1]

1. تحديد التتابع المتعلق بالآلتين الأولى (M_1) و الأخيرة (M_m) فقط حسب خوارزمية جونسون.
2. تحديد التتابع الخاص بالآلتين الوهميتين MF_1 و MF_2 حيث:

$$MF_1=M_1+M_2 \quad \text{et} \quad MF_2=M_m+M_{m-1}$$

3. إعادة المرحلة الثانية إلى حيث أن تكون:

$$MF_1=M_1+M_2+\ldots+M_{m-1} \quad \text{et} \quad MF_2=M_2+\ldots+M_{m-1}+M_m$$

4. حساب المدة الإجمالية في كل مرة بالإستعانة بمخطط قانت؛
5. إختيار التتابع صاحب أقل مدة إجمالية.

[1] - Campbell, H.G., Dudek, R.A. et Smith, M.L.(1970), « A Heuristic Algorithm for the n Job m machine Sequencing Problem, Management Science, 16,630-637.

5-3-2: أوقات التركيب / التفكيك مرتبطة بترتيب الأوامر الإنتاجية (إمتداد النموذج الأساسي) :

في بعض الأحيان يجب الأخذ بعين الإعتبار في مسائل الجدولة بتدفق ثابت أوقات تركيب (إعداد) الآلات و تعييرها تماماً كما يجب الأخذ بعين الإعتبار أوقات تفكيكها لغرض الصيانة مثلا أو غير ذلك.

إذا كان يجب أخذ هذين الزمنيين بعين الإعتبار حين إعداد الجدولة، فإن الرباعي Proust, Dragon, Foucher et Foucheyrand [1] إقترح خوارزمية فعالة تستند إلى الخوارزمية السابقة (CDS) مع تغيير في طريقة حساب أوقات المجموعات الوهمية المشكلة من K مركز إنتاجي وفق المنهجية التالية[2]:

- زمن المركز الإنتاجي الوهمي الأول (MF_1) هو مجموع أوقات معالجة الأمرj على الـــ K مراكز إنتاجية الأولى زائد زمن التركيب S_{1j} و مطروح منه زمن تركيب أول مركز إنتاجي في المجموعة الوهمية الثانية $S_{m-k+1,j}$ ؛

- زمن المركز الإنتاجي الوهمي الثاني (MF_2) هو مجموع أزمنة عمليات الأمر j على الـــ K مراكز إنتاجية الأخيرة زائد وقت تفكيك المركز الإنتاجي الأخير r_{mj} و مطروح منه وقت تفكيك آخر مركز إنتاجي في المجموعة الوهمية الأولى r_{kj}.

بمعنى أنه إذا أخذنا أزمنة تركيب و تفكيك الآلات في الحسبان حين البحث عن وضع تتابع الأوامر الإنتاجية على تلك الآلات فإنه يمكن إجراء تعديل بسيط على خوارزمية"CDS" حيث يصبح لدينا:

---

[1] - C. Proust et al, « Une heuristique pour le problème statique de type n/m/flow shop, avec prise en compte des temps de montage et démontage d'outils », 2ème Congrès international de Gestion de Production, Paris, 1987.

[2] - Vincent Giard, op. cit. p381.

- $MF_1=M_1+M_2+\ldots+M_i+S_{1j}-S_{m-k+1,j}$ $(i=1, \ldots, m-1)$;
- $MF_2=M_i+\ldots+M_{m-1}+M_m+r_{mj}-r_{kj}$ $(i=2, \ldots, m)$

بحيث يمثل k عدد الآلات المكونة للمجموعة الوهمية و يكون : $k \leq m-1$.

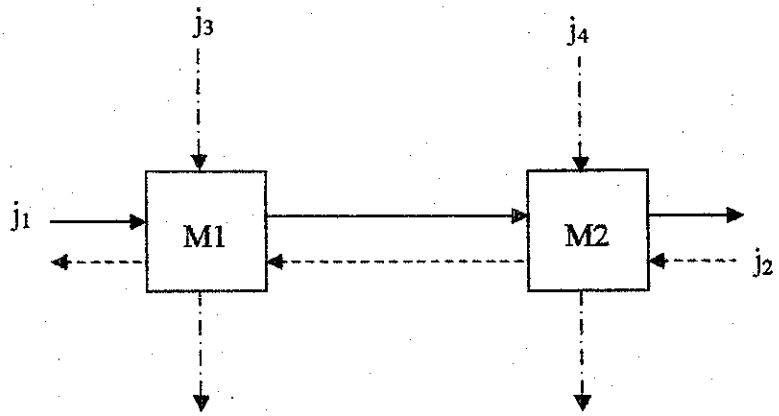
ثم نحل المسألة بذات الخطوات التي ترتكز عليها خوارزمية جونسون.

6- الجدولة في حال وحدة إنتاجية بتدفق غير ثابت (Job Shop):

6-1: جدولة عدة أوامر إنتاجية و آلتين $J2||C_{max}$:

تختلف هذه الحالة عن سابقتها في عدم وجود تدفق ثابت للأوامر على مراكز الإنتاج إذ أن لكل أمر إنتاجي تدفقه الخاص به على حسب ما تمليه طريقة صُنعه، فمنها من يستدعي المرور على الأولى أولاً ثم الثانية و منها من يتطلب المرور على الآلة الثانية أولاً ثم الأولى، و منها من لا يلزمه إلا عملية واحدة على إحدى هاتين الآلتين.

و يعبر الشكل التالي عن مثال لهذه المسائل ذات $(n!)^2$ إمكانية:



الشكل 24: جدولة عدة أوامر إنتاجية و آلتين (تدفق غير ثابت).

المصدر: من وضع الطالب.

تعرف هذه المسائل عددا هائلاً من الحلول الممكنة لكن كيف يمكن التوصل إلى أدنى مدة إجمالية ممكنة ؟

في الواقع يمكن الإجابة عن التساؤل المطروح و حل المسألة J2||Cmax حلاً آنياً أمثلاً عن طريق تطبيق خوارزمية جاكسون [جاكسون 1957].

خوارزمية جاكسون Algorithme de Jackson :[1]

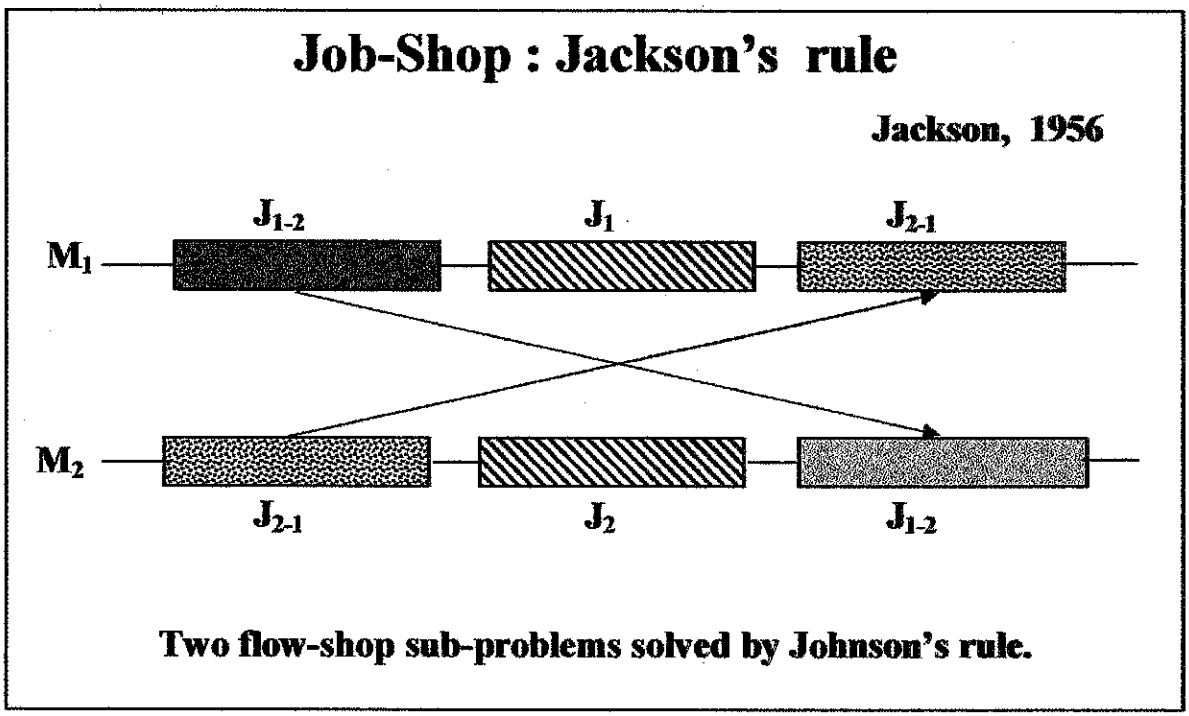
1. قم بتصنيف الأوامر الإنتاجية في أربعة مجموعات :
   - $\{O_1\}$: مجموعة الأوامر ذات عملية واحدة على الآلة M_1؛
   - $\{O_2\}$: مجموعة الأوامر ذات عملية واحدة على الآلة M_2؛
   - $\{O_{12}\}$: مجموعة الأوامر المكونة من عمليتين، الأولى على M_1 و الثانية على M_2.
   - $\{O_{21}\}$: مجموعة الأوامر المكونة من عمليتين، الأولى على M_2 و الثانية على M_1.

2. يتم ترتيب أوامر المجموعتين $\{O_{12}\}$ و $\{O_{21}\}$ حسب خوارزمية جونسون؛ و تلك الخاصة بالمجموعتين $\{O_1\}$ و $\{O_2\}$ في أي ترتيب كان.

3. الجدولة الأمثل تكون إذن وفق الترتيبات التالية :
   - على الآلة M_1 : $\{O_{21}\} < \{O_1\} < \{O_{12}\}$؛
   - على الآلة M_2 : $\{O_{12}\} < \{O_2\} < \{O_{21}\}$.

يوضح الشكل التالي رسماً لقاعدة جاكســـــــون:

[1] Pierre Lopez, Francois Roubellat, op. cit. p48.



الشكل 25: قاعـــــدة جاكســـــون.

المصدر: Philippe Baptiste et *al*, Job-Shop Scheduling, *vol* 20,Groupe Ordonnancement, 07 mars 2000.

2-6: جدولة أمرين إنتاجيين و عدة آلات $Jm|n=2|C_{max}$:

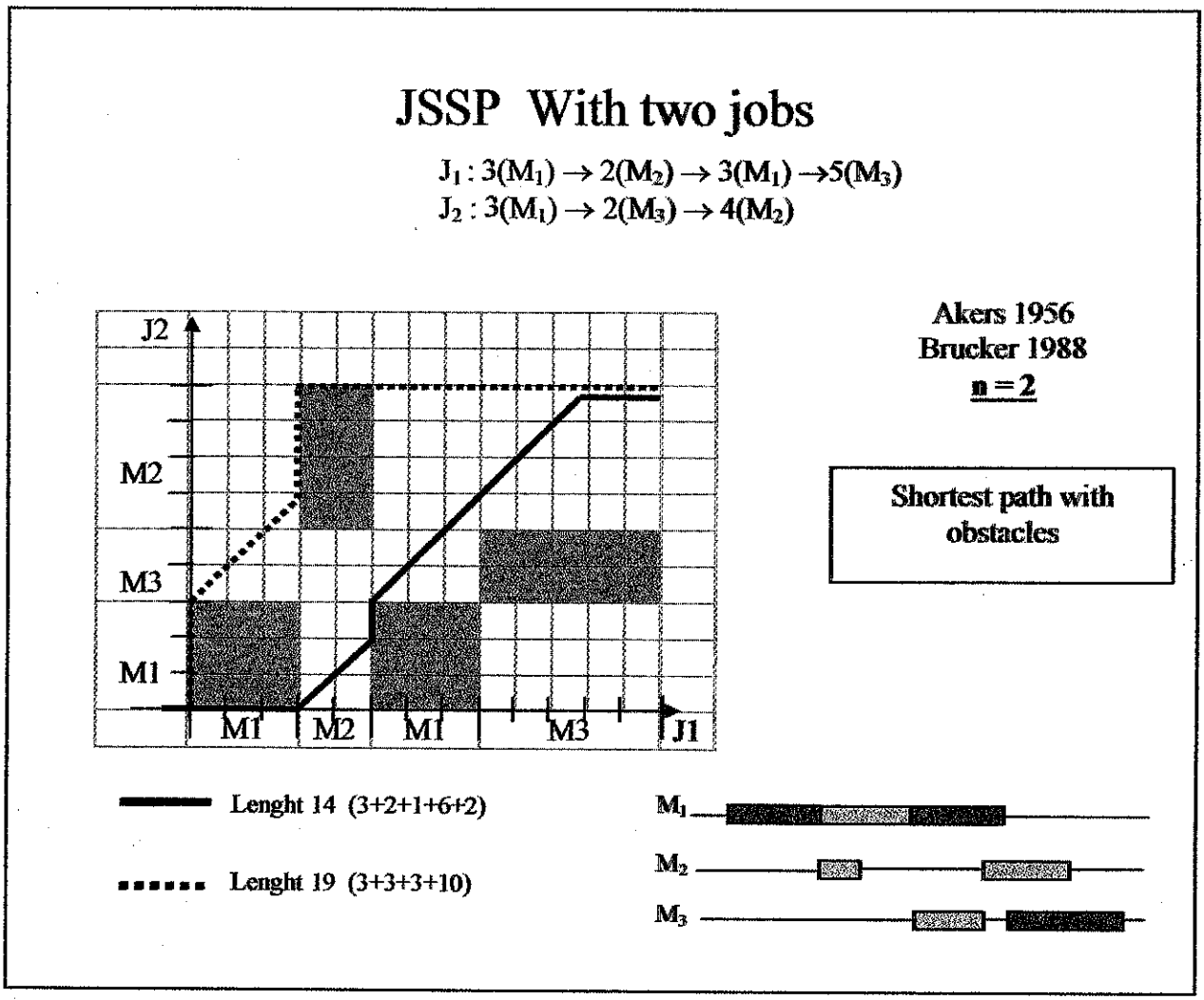
يمكن حل هذه المسألة و الحصول على حل أمثل باستعمال طريقة هندسية تعرف بخوارزمية "أكرس" Algorithme de AKERS، و تتلخص إجراءات هذه الطريقة (أو هذه الخوارزمية) في النقاط التالية :

1. على مخطط ديكارتي، نجعل المحور الأفقي يعكس عملية إنجاز الأمر الإنتاجي الأوّل وفق ما هو مقرر في طريقة صنعه، بينما يمثل المحور العمودي كيفية إنجاز الأمر الإنتاجي الثاني (كلا المحورين مدرّجين بوحدات زمنية).
2. نقوم بتظليل المساحات التي تمثّل المعالجة المتزامنة لكلا الأمرين الإنتاجيين على نفس الآلة؛ هذه المساحات المشتركة تمثل مناطق نزاع لا يمكن إختراقها.
3. يتم البحث عن أدنى مدة إجمالية ممكنة بالبحث عن أقصر مسار يربط نقطة الأصل (0،0) بآخر نقطة على الشكل (ΣP_{i2}، ΣP_{i1})، و ذلك باتباع اتجاه أفقي

(الأمر الأول فقط قيد الإنجاز) أو اتجاه عمودي (الأمر الثاني فقط قيد الإنجاز)، أو اتجاه ذو ميل 45° (كلا الأمرين قيد المعالجة لكن على آلتين مختلفتين) مع الحرص على اتباع هذا الإتجاه الأخير كلما أمكن كونه يعمل على تقصير المسار و بالتالي تدنية المدة قدر الإمكان.

4. قيمة المدة الإجمالية تكون مساوية لمجموع أطوال القطع الأفقية، العمودية، و كذا إسقاطات القطع ذات ميل 45° على أحد المحورين.

يعكس الشكل التالي مثالاً عن هذه المسألة:



الشكل 26: مثال عن جدولة أمرين إنتاجيين و عدة آلات.

المصدر: Philippe Baptiste et *al*, Job-Shop Scheduling, *vol* 20,Groupe Ordonnancement, 07 mars 2000.

6-3 :الحالة العامة : عدة أوامر إنتاجية و عدة آلات Jm||Cmax :

تعد هذه الحالة أعقد مسائل الجدولة على الإطلاق حيث يبلغ عدد البدائل الممكنة نظريا $(n!)^m$ وتتلخص أهم الطرق المتبعة، في مثل هذه الحالات أساساً في وضع جدولات نشيطة أو جدولات بدون تأخر؛ باتباع طرق اجتهاد منظم مبنية على أساس قواعد المفاضلة (قواعد الأولوية) كما يتم اللجوء أحيانا إلى البرمجة الرقمية المختلطة أو إلى طريقة الفرع و الحد (Branch and Bound) أو إلى طرق أخرى تأتي، في نظرنا، بعد هذه التي أوردناها.

6-3-1: إعداد جدولة باستعمال قواعد الأولوية:

غالباً ما يتم تعويض غياب طريقة مضبوطة يمكن تطبيقها على الحالة العامة باللجوء إلى استخدام قواعد الأولوية في وضع جداول الإنتاج و قيادة العملية الإنتاجية داخل الوحدة؛ و تقوم هذه المنهجية على اختيار في كل مرة و أمام كل آلة الأمر الإنتاجي الذي يجب تمريره من بين الأوامر الإنتاجية المرشحة، و ذلك بتطبيق قاعدة أولوية واحدة أو بالتوفيق بين عدة قواعد محددة سلفا. يكون الأمر الإنتاجي مرشَّحاً للجدولة على آلة معينة إذا كانت قد تمت معالجته على جميع الآلات التي تسبق تلك الآلة، بمعنى أنه يجب عند كل اختيار مراعاة خصائص كل أمر إنتاجي على حسب ما تقتضيه طريقة صنعه و اتباع تسلسل العمليات الوارد في تلك الطريقة.

وبذلك نرى كيف أن قواعد الأولوية تمثل أداة فعالة في إعداد الجدولات بصفة عامة حيث أن تغيير في القواعد المستعملة يمكّن من الحصول على عدة بدائل من الجدولات على أن يتم إختيار أحسنها بحسب الهدف المسطر.

هناك خوارزميتان أساسيتان و أكثر استعمالا في هذا الجانب، كلاهما يعمل على إعداد جدولة، غير أنها تختلفان في طريقة إختيار الأمر المرشح :

- خوارزمية Giffler et Thompson [1] تُعطي جدولات نشيطة؛
- خوارزمية إعداد جدولة بدون تأخر.

تقوم الخوارزمية الأولى على إختيار العملية ذات أقرب وقت إنتهاء مبكر من بين العمليات المرشحة للجدولة (O) : $\min_{o_{ij}\in O}(r_{ij}+P_{ij})$ ، في حين تعمد الخوارزمية الثانية على إنتقاء العملية صاحبة أقرب وقت بدء مبكر : $\min_{o_{ij}\in O} r_{ij}$ من بين تلك المرشحة للجدولة.

و يمكن عرض كلا الخوارزميتين مع بعض في الصفحة التالية :

[1]- French, S., « Sequencing and Scheduling, An Introduction to the Mathematics of the Job-Shop », Ellis Horwood Series, 1990, pp 155-166.

Algorithme de génération d'ordonnancements actifs / sans retard

définition
PS : ordonnancement partiel courant;
S : ensemble des opérations restant à ordonner;
$\sigma i(PS)$: date au plus tôt à laquelle l'opération *Oi* peut commencer, compte tenu de l'ordonnancement partiel PS;
$\phi i\ (PS)$: date au plus tôt à laquelle l'opération *Oi* peut être terminée, compte tenu de l'ordonnancement partiel PS;

initialisation
$PS = \{\}$;
S = {opérations sans prédécesseur};
étape 1 (PS, S)
cas "Giffler Thompson"
$\phi^* = \min\{\phi_i(PS) : O_i \in S\}$;
M= {Machine M : O_i est exécutée sur M et $\phi_i\ (PS) = \phi^*$};
O= {opération $O_i \in S$ exécutée sur $M \in M$ et t.q. $\sigma_i\ (PS) < \phi^*$};
cas "sans retard"
$\sigma^* = \min\ \{\sigma_i(PS) : O_i \in S\}$;
M = {machine M : O_i est exécutée sur M et $\sigma_i\ (PS) = \sigma^*$};
O= {opération $O_i \in S$ exécutée sur $M \in M$ et t.q. $\sigma_i(PS) = \sigma^*$};
fin de cas

étape 2
pour chaque $O_i \in O$ faire
$PS' = PS \cup (O_i$, planifiée au temps $\sigma_i\ (PS))$;
$S' = S \setminus \{O_i\} \cup$ {successeur direct de O_i};
Si $S \neq \phi$alors
aller récursivement à étape 1 (PS', S');
Sinon
fournir l'ordonnancement PS;
retour;
fin de si
fin de faire
Fin

إعداد جدولات دون تأخر يضمن أنه ليست هناك أي آلة غير مشغلة إذا كانت هناك عملية تنتظر أمام تلك، إلا أنه ليس هناك ما يضمن أن مجموع هذه الجدولات يحتوي على حل أمثل للمسألة المطروحة عكس مجموع الجدولات النشيطة.[1]

6-3-2: طريقة الفرع و الحد:

لقد برزت طريقة الفرع و الحد (Branch and bound) كأسلوب حديث في التعامل مع مسائل تخصيص و جدولة العمليات و بخاصة في مثل تلك الحالات التي يكون فيها عدد الحلول الممكنة كبيراً جداً بالشكل الذي يصعب التعامل معه بالطرق الأخرى لمسائل التخصيص.[2]

و تستنبط هذه الطريقة فاعليتها من حيث أنها لا تتعامل مع كل الحلول الممكنة بل تعتبر جزءاً صغيراً فقط منها، إذ أنها تعمل على تقسيم منطقة الحلول الممكنة إلى أجزاء أصغر فأصغر إلى أن تصل إلى الحل الواحد الأمثل الذي يعمل على تحقيق دالة الهدف الموضوعة. وبهذا سوف تتفرع المشكلة الرئيسية إلى مشكلات جزئية أو فرعية تأخذ شكل الشجرة يعبر الفرع فيها عن تفرع الحد إلى عدة مشكلات جزئية (حالات جزئية) منضوية تحته إلى غاية الوصول إلى الحد الذي يمثل حلا للمشكلة.[3]

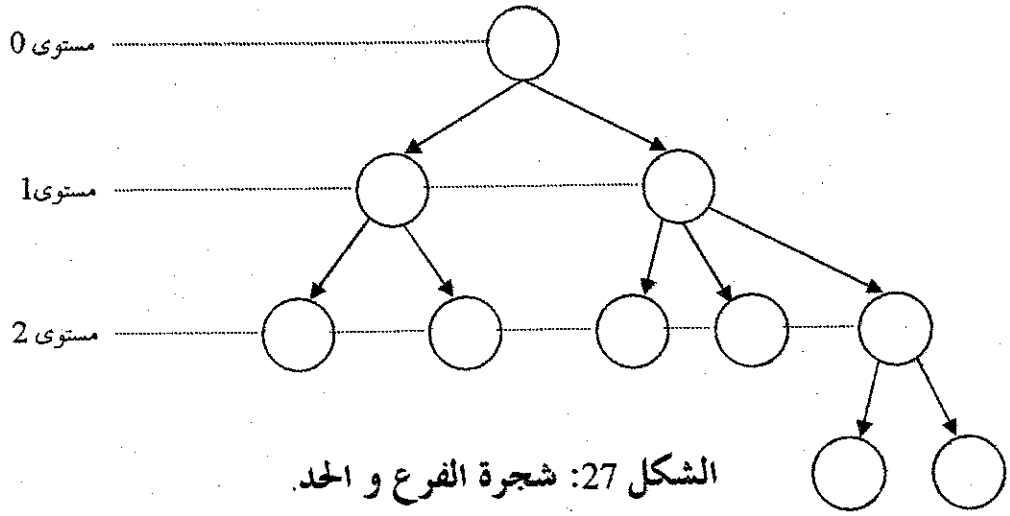
---

[1] - Patrick Esquirol, Pierre Lopez, op. cit. p 80.

[2] – د.فريد عبد الفتاح زين الدين، بحوث العمليات وتطبيقاتها في حل المشكلات و اتخاذ القرارات، كلية التجارة – جامعة الزقازيق1996 .ص 543.

[3] – لمزيد من التفصيل حول هذه الطريقة و أمثلة عن تطبيقها أنظر:

Gérald Baillargeon, Programmation linéaire appliquée « *Outils d'optimisation et d'aide à la décision* », Les éditions SMG, 2ème tirage 1996.p 387 et suite.



الشكل 27: شجرة الفرع و الحد.

المصدر: من وضع الطالب.

المبحث الثاني:النماذج الديناميكية في جدولة الإنتاج و العمليات:

لقد كانت الدراسة السابقة مبنية على إفتراض هام و هو الورود المؤكد للأوامر الإنتاجية على النظام و المعرفة المسبقة بطبيعة تلك الأوامر و ما يتعلق بها و بيَّنا أهم النتائج المتوصل إليها في ذلك الخصوص و كيف أن من الحالات ما يمكن جدولتها بطريقة أمثل و من الحالات من لا تعرف طريقة أمثل في الحل، لكن ماذا لو تخلينا عن هذا الإفتراض؟ بمعنى ماذا لو كان ورود الأوامر الإنتاجية بصفة مستمرة في أي وقت دون معرفة مسبقة بهذا الوقت ؟

يمكن التعرض لمثل هذا الواقع الجديد باستعمال طرق و أساليب أخرى في التحليل لعل أهمها في هذا الصدد هو نظرية خطوط الإنتظار و أساليب المحاكاة، و بناءاً على هذا سوف نوجز في مقام أول نظرية صفوف الإنتظار بينما نرى أساليب المحاكاة في عنوان ثانٍ.

المطلب الأول: جدولة الإنتاج و العمليات باستعمال نظرية صفوف الإنتظار :

1- المفهوم العام لصفوف الإنتظار :

بدأت فكرة نمذجة مسائل طوابير الإنتظار في عام 1909 عندما توسع استخدام الهاتف اليدوي حيث كانت الإتصالات تتم من خلال عامل "السنترال" الذي كان عليه أن يوصل الخطوط حسب الرغبة إلى طالبيها، و قد كان هذا الأمر بسيطا في بادئ الأمر إلا أنه مع ازدياد استخدام الهاتف أصبح الأمر معقدا، وقد رأى العالم إنلانغ (مهندس هواتف دانماركي) إمكانية نمذجة هذه الظاهرة من خلال دراسة إمكانية تقديم الخدمة بفترات زمنية مناسبة و حسب الطلب، و كذلك و جد أن هذه الخدمة تختلف حسب الفترات الزمنية، ففي فترة الصباح تبدأ بالتزايد و حتى منتصف النهار ثم تبدأ بالتناقص ووضع لذلك دراسات حول احتمال وصول طلب للخدمة و رأى أن بعض التوزيعات الإحتمالية يمكن أن تكون

مفيدة في هذا الجانب،كما يمكن وضع بعض توابع الكثافة الإحتمالية لتطبيقات أخرى، و كانت دراسة انلانغ المنطلق لدراسات مستقبلية على درجة من الأهمية، و بعد عام 1917 توسع استخدام هذه الأساليب حتى أصبحت تستخدم في مختلف المجالات حيث نجد تزاحم لطلبات على مختلف أنواع الخدمات[1].

و تستعى نظرية خطوط الإنتظار (صفوف الإنتظار) إلى تحقيق هدفين رئيسيين:[2]

1- تخفيض وقت إنتظار العميل (طالب الخدمة)؛

2- تقليل الوقت الذي تكون فيه مراكز الخدمة عاطلة أو تحت مستوى إستغلالها.

يظهر خط الإنتظار إذن إذا كان هناك عدداً من طالبي الخدمة (أوامر إنتاجية) لا يمكن تلبيتهم جميعاً في الحين بحيث يبقى هناك من ينتظر أمام مركز تقديم الخدمة (مركز الإنتاج) و يحتوي نظام خطوط الإنتظار على عدد معين من قنوات الخدمة التي تقدم الخدمة لطالبيها الذين يحلُّون إلى هذا النظام بأوقات عشوائية تشكِّل مايُعرف بتدفق الطلبات.

2- دراسة نماذج خطوط الإنتظار :

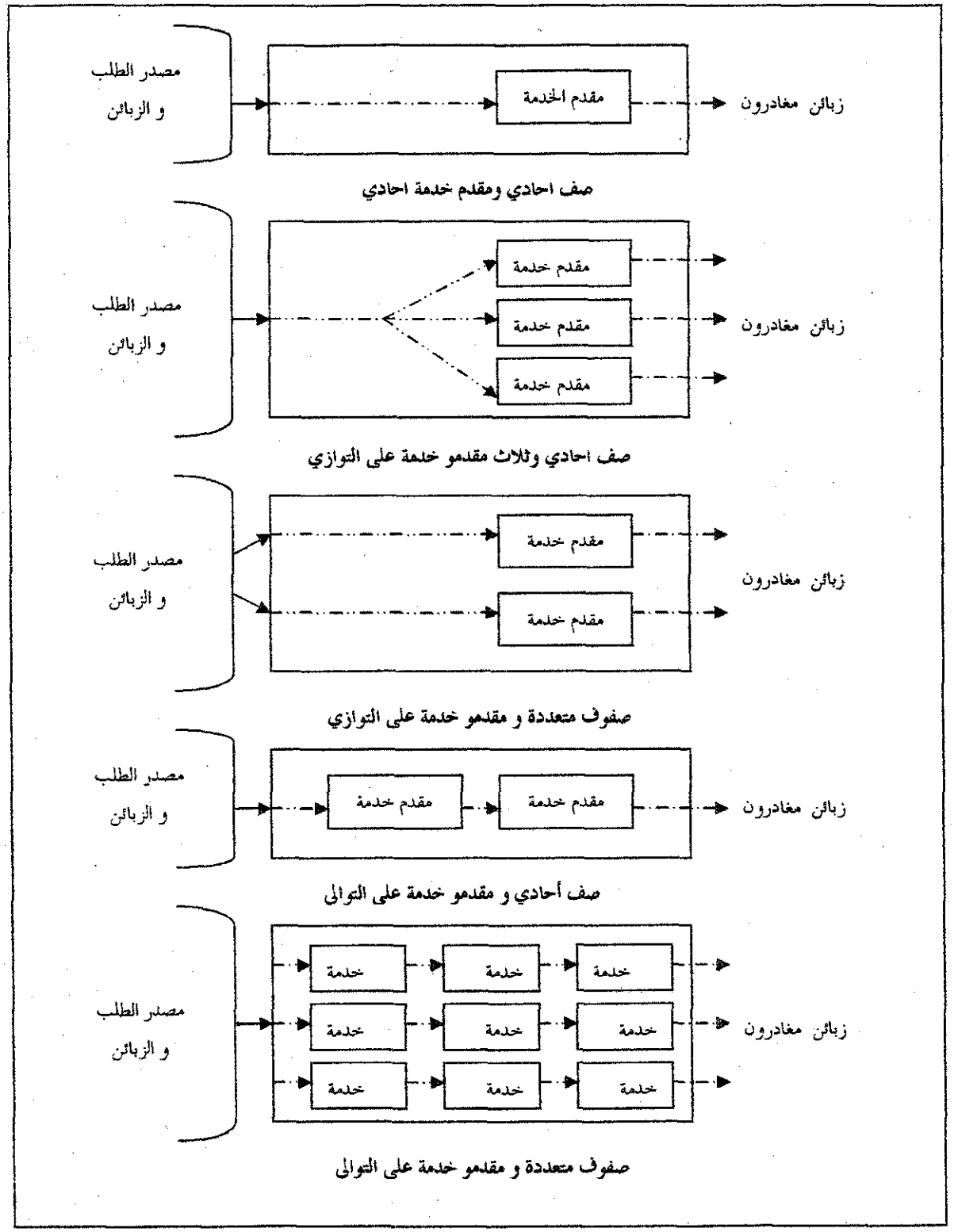
لدراسة نماذج خطوط الإنتظار يجب تحديد نظام وصول العملاء لطلب الخدمة و معرفة مرحلة أداء الخدمة، حيث يعبر معدل وصول العملاء عن متوسط عدد العملاء الذين يحلون إلى مركز الخدمة في فترة معينة، بينما تستوجب مرحلة أداء الخدمة معرفة أماكن و عدد قنوات الخدمة إضافة إلى المدة التي يستغرقها أداء الخدمة، و يستند إختيار العميل المنتظر لتقدم له الخدمة إلى قواعد مفاضلة كالتي رأينا، أهمها في هذا الشأن الوارد أولاً ينفذ أولاً, و أخيرا يقصد بطاقة النظام إجمالي العملاء (الأوامر الإنتاجية)، من المنتظرين و قيد المعالجة، الممكن إستيعابهم من قبل النظام، و يلاحظ أن خط الإنتظار يكون أطول كلما تقلّصت طاقة النظام.

---

[1]- أ.د. محمد سالم الصفدي, بحوث العمليات: تطبيق و خوارزميات, دار وائل للطباعة و النشر, الطبعة الأولى 1999، ص 365و ما بين قوسين من زيادة الطالب.

[2]- د.احمد فهمي جلال, مقدمة في بحوث العمليات و العلوم الإدارية, دار الفكر العربي 1993، ص 179.

و يمكن من خلال الشكل التالي الوقوف على أهم النماذج لخطوط الإنتظار.



الشكل 28:أمثلة عن خطوط الإنتظار.

(المصدر: أ.د. محمد سالم الصفدي، مرجع سابق، ص 368.)

3- تصنيف أنظمة خطوط الإنتظار :

لقد قدم العالم "كاندل" تصنيفا لمسائل خطوط الإنتظار يمكن اختصاره في الصيغة (V/W/X/Y/Z) [1] بحيث يمثل :

V: نمط الوصول.

W: نمط الخدمة.

X: عدد مقدمي الخدمة،

Y: طاقة النظام؛

Z: أسلوب ترتيب العملاء (قاعدة إختيار العملاء).

و إذا كان نمط الخدمة و نمط الوصول عشوائيا و يتبع توزيعا أسيا فيرمز له بـــ M، أو إذا كان يتبع توزيع "إيرلينغ" نرمز له بـــ E و أخيرا D إذا كان بزمن ثابت.

باستعمال هذه الرموز يمكن التعبير على بعض النماذج الأكثر شيوعا و هي:[2]

- D/D/∞/FIFO: نمط الوصول ثابت/نمط الخدمة ثابت/مقدم خدمة واحد/ طاقة غير محدودة/من يقدم أولاً يخدم أولاً؛
- M/M/1/∞/FIFO : نمط الوصول عشوائي يتبع توزيع إحتمالي أسي/نمط خدمة عشوائي يتبع توزيع إحتمالي أسي/مقدم خدمة واحد/طاقة النظام غير محددة/من يقدم أولاً يُخدم أولاً؛
- D/D/1/∞/SIRO : نمط الوصول ثابت/نمط الخدمة ثابت/مقدم خدمة واحد/ طاقة النظام غير محددة/تقدم الخدمة بصورة عشوائية؛

[1]- أ.د. محمد سالم الصفدي، مرجع سابق، ص 370.
[2]- نفس المرجع ص 371.

- M/M/1/∞/LIFO : نمط الوصول عشوائي/نمط الخدمة عشوائي/محطة خدمة واحدة/طاقة النظام غير محددة/من يقدم أخيرًا يخدم أولاً.

4- تقييم نماذج خطوط الإنتظار :

يمكن تقييم نماذج خطوط الإنتظار بالإستناد إلى عاملين في التقييم، أولا باستخدام عنصر **التكاليف** و يكون الهدف هنا تحديد مستوى الخدمات من خلال الوصول إلى حل وسط بين المؤشرين الإقتصاديين : الربح الناتج عن تقديم الخدمة، وهو يقترن بدرجة النشاط الوظيفي لنظام صف الإنتظار المدروس، و الخسارة الناتجة عن التأخير في تقديم الخدمات، و يقترن هذا المؤشر إما ببقاء بعض مراكز الخدمة عاطلة عن العمل أو عدم مقدرة النظام على تقديم الخدمات لجميع الوحدات طالبي الخدمة؛ لكن و لما كان يصعب بالأساس تحديد كلفة الإنتظار بشكل كمي و بخاصة إذا كان خط الإنتظار عبارة عن أشخاص، ففي هذه الحالة يتم تقييم نماذج خطوط الإنتظار **بدراسة مستوى الخدمة** المفضل بالإعتماد على التقييم الأوّلي لمؤشرات النظام المدروس، و يتعلق تقييم مستوى الخدمة الأمثل هنا بإمكانية تحقق مستوى معين من الخدمة حسب وجهة نظر متخذ القرار وذلك عن طريق تحديد الحد الأعلى لقيم المؤشرات المعنية بالتقييم؛ ففي نماذج صفوف الإنتظار متعددة القنوات (عدة مراكز خدمة) تنحصر المسألة في تحديد عدد مراكز الخدمة الأمثل مع الأخذ بعين الإعتبار أن المؤشرات المعنية بالتقييم هي:[1]

1- متوسط زمن بقاء الوحدات طالبي الخدمة في النظام.

2- الزمن الذي تضطر مراكز الخدمة أن تبقى عاطلة عن العمل خلاله.

[1]- لمزيـــد من التفصيل حول مسألة تقييم نماذج خطوط الإنتظار انظر مثلا كتاب كل من د. ابراهيم نائب، د.انعام باقية: بحوث العمليات"خوارزميات و برامج حاسوبية"، دار وائل للنشر1999، من ص376 إلى ص387. كما يوفر الكتاب برنامجا حاسوبيا ذا أهمية بالغة في حساب مؤشرات بعض نماذج خطوط الإنتظار(388-391).

المطلب الثاني: جدولة الإنتاج باستعمال أساليب المحاكاة:

1- النمذجة بأسلوب المحاكاة :

تتخلص النمذجة بأسلوب المحاكاة فيما يلي:[1]

صياغة سلوك عناصر النظام الحقيقي و آلية العلاقة بين تلك العناصر على شكل خوارزميات تنفيذ على الحاسوب، تحقق جميع الحالات التي تظهر في النموذج الحقيقي و هذه الخوارزميات تستخدم تكراراً لإسترجاع العمليات العشوائية للنظام عند تثبيت شروط المسألة، و نحصل بذلك على معلومات تخضع للمعالجة الإحصائية بهدف تقييم القيم التي هي عبارة عن مؤشرات نوعية و الخاصية الأساسية لطريقة النمذجة بأسلوب المحاكاة هي إمكانية وصف و استرجاع العلاقة بين مختلف عناصر الموضوع المدروس.

2- إستعمالات أساليب المحاكاة :

تُستعمل أساليب المحاكاة في حل العديد من المسائل في مختلف العلوم البحتة كالرياضيات و الفيزياء و غيرها إضافة إلى العلوم الدراسة لتصرف الإنسان كعلم الإقتصاد؛ وتعتمد أساليب المحاكاة في حلها لتلك المسائل على طريقة التجارب الإحصائية التي تعرف كذلك بطريقة "مونت كارلو" و هي طريقة برزت عام 1949 بعد ما نشر العالمان الأمريكيان الرياضيان "ميترو بوليس و أولام" مقالاً معنوناً بهذه الطريقة على الرغم من أن جذورها النظرية تعود إلى ما قبل هذا التاريخ و بالضبط في ما يعرف بمسألة "بيوفان" التي تتلخص في تعريف العدد π.

3- دور أساليب المحاكاة في إعداد الجدولة :

نظرا لصعوبة و تعقيد مسائل الجدولة فإنه كثيراً ما يتم اللجوء إلى حلها عن طريق أساليب المحاكاة نظرا لفاعليتها و سرعتها في إعداد عدة جدولات باستعمال عدة قواعد

[1]- د. ابراهيم نائب، د.انعام باقية، بحوث العمليات: خوارزميات و برامج حاسوبية، دار وائل للنشر1999، ص 399.

أولوية ومن ثم إختيار تلك التي تشكّل إهتماماً خاصا أي تلك التي تقود إلى حلول جيِّدة؛ و تبقى قاعدة أقل وقت تشغيل "SPT" هي الأحسن دائماً إذا كان الأمر يتعلق بتدنية المدة الإجمالية للجدولة، و مما زاد في تفعيل دور أساليب المحاكاة في حل مشكلات الجدولة هو الإنتشار الواسع في إستخدام المعلوماتية و البرامج الحاسوبية.

خاتمة الفصل

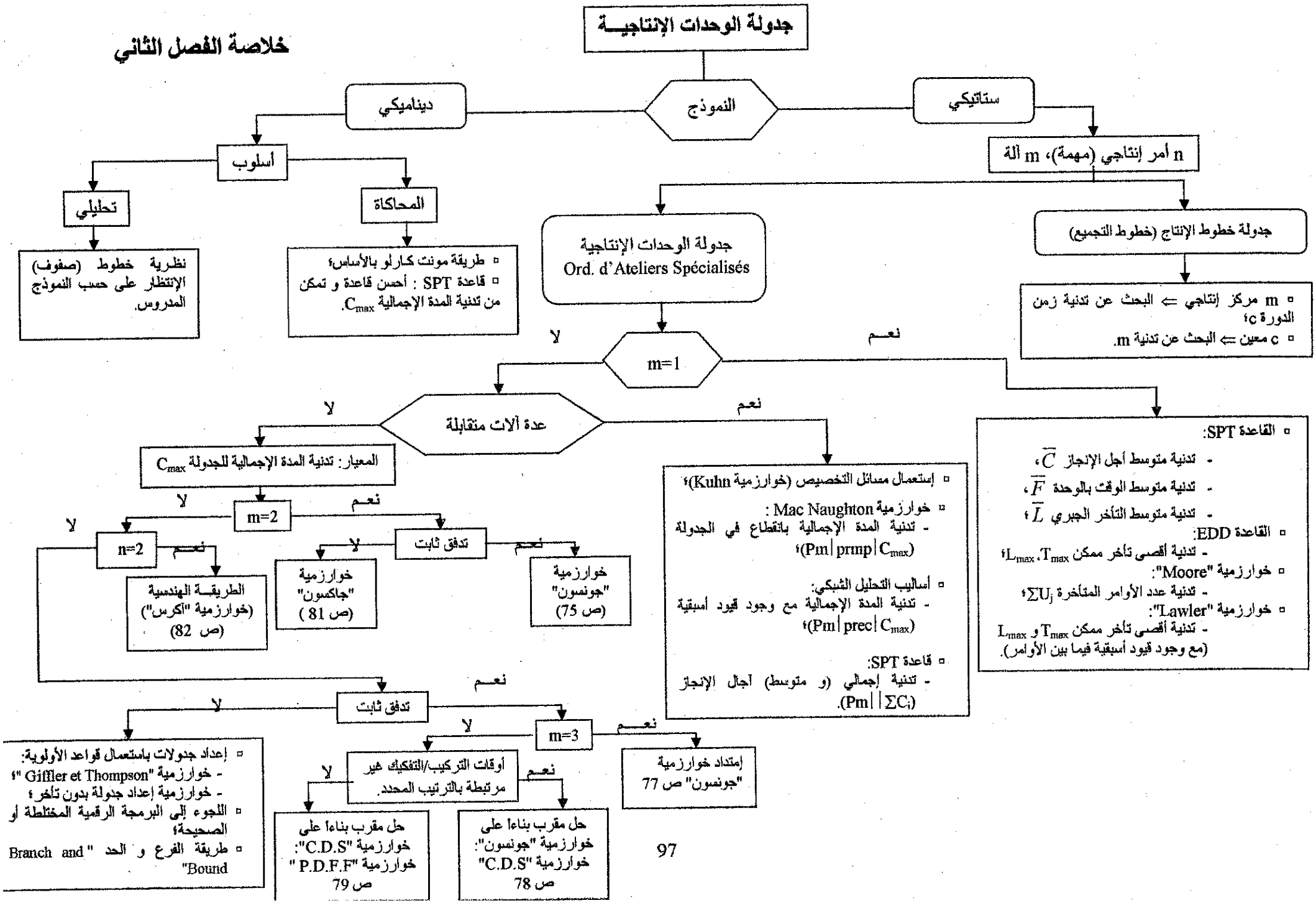
عبر عناصر الفصل الثاني، الذي يمثّل محور دوران هذه المذكرة، و سطوره كانت غايتنا دراسة مسائل الجدولة في الإنتاج و العمليات، و حاولنا سد الموضوع من كافة جوانبه على الأقل الرئيسية منها تسليماً منا بأن هذا الموضوع الجديد الشائك المتشعب لا يمكن حصره تحت موضوع عمل بحث واحد؛ فبيَّنا و استنتجنا كيف أن من المسائل من يعرف حلاً أمثلاً بطرق معروفة في ذلك الشأن، و كيف أن من المسائل من لا يعرف حلاً إلاّ بالتقريب باللجوء إلى طرق إجتهاد منظم تُترجم على شكل خوارزميات؛ لكن و على الرغم من أن مثل تلك الطرق التي عرضناها لا تضمن الوصول إلى الحل الأمثل إلاّ أنها تُعد الطرق المعروفة التي تؤدي إلى أحسن الحلول، كلٌّ حسب المسألة المطروحة.

كلمات مفاتيح خاصة بالفصل:

موازنة خط الإنتاج، جدولة الوحدات الإنتاجية، خوارزميات الجدولة، نظرية خطوط(صفوف) الإنتظار، أساليب المحاكاة.

أنظر خلاصة الفصل في الصفحة اللاحقة.

خلاصة الفصل الثاني



الفصل الثالث:

جدولة إنجاز المشاريع.

لقد أصبحت العمليات الإنتاجية الخاصة أو ما يعرف بالمشاريع تشغل حيِّزًا واسعاً في الحياة الإنتاجية المعاصرة و مردُّ ذلك يعود أساساً إلى عاملين رئيسيين أولهما إشتداد المنافسة على كافة المستويات و في مختلف الميادين و ثانيهما الوعي و الصرامة المتناميين لدى المتعاملين؛ فمنظمة لا تحمل في طياتها أعمال مشاريعية قد لا تجد لنفسها مكاناً في ظل سوق إقتصادي مفتوح على مصراعيه حيث يجب: البحث عن تطوير منتجات جديدة، التوسع، إستثمارات جديدة... بل و لا عجب أن نقول أنّ أي عملية إنتاجية تعبِّر في أصلها عن مشروع يجب القيام به ليصبح فيما بعد عملاً متكرراً أو لا.

كل ذلك فرض على المنظمات العمل بالشكل الذي يمكِّنها من التأقلم مع هذا الواقع الجديد و هو الأمر الذي عزَّز من مكانة إدارة المشاريع وجعل منها فلسفة إدارة إنتاج تُنتهج من قبل أغلب المنظمات على إختلاف الأحوال و الظروف، إذا لا يكفي خلق مشاريع بل أشد ما يجب هو العمل على إدارتها على أكفأ وجه.

فما المراد بالمشروع ؟ و كيف يمكن للمنظمة أن توفّق بين نشاطها العادي و أعمال المشروع ؟ ما المقصود بتجزئة المشروع و لماذا و كيف؟

ثم نضيف لنقول أنه بعد تبلور فكرة المشروع و دراسة قابليته و تحديد الهدف منه يجب الإجابة عن سؤالين مهمين: كم سيستغرق المشروع كمدة؟ وكم سيكلِّف؟ و حيث أن كل سؤال مرتبط بالآخر، يجب أوَّلاً تحديد المدة الإجمالية للمشروع ثم العمل على تدنية تكاليف إنجازه بتدنية تلك المدة من حيث أنها سوف تُجنِّد موارد معينة في خلالها.

فكيف يمكن إذن جدولة إنجاز المشروع و تحديد مدته الإجمالية ؟ أوَ من الطرق في سبيل هذا؟ ثم كيف يمكن تدنية تلك المدة و إلى أي حد؟ ما هي المدة التي تقابل أدنى تكلفة ممكنة؟

بعد محاولة الإجابة عن المجموعة الأولى من الأسئلة في مبحثٍ أوَّل عنونَّاه بـــ"**عموميات حول إدارة المشاريع**" سوف نحاول معالجة هذه الأسئلة الأخيرة في المبحث الثاني الذي سيعرف عنوان " **جدولة أنشطة المشروع**".

المبحث الأول: عموميات حول إدارة المشاريع.

المطلب الأول: ماهية المشروع.

1- تعريف المشروع:

يُعرَّف المشروع على أنه هدف يراد تحقيقه، بتدخل عدة أطراف في سياقٍ أو إطارٍ معيَّن، خلال مدة زمنية معينة، باستعمال وسائل محددة، يستدعي إتباع منهجية وأدوات مناسبة.[1]

وترى l'AFNOR (l'Association Française pour la NORmalisation Industrielle) المشروع على أنه تلبية لرغبة مستعمل أو زبون، وهو يستلزم هدفاً وإجراءات يجب اتخاذها بموارد معينة.[2]

من خلال هذين التعريفين يتضح لنا أن المشروع:

- هو عبارة عن تلبية لحاجة معينة وخاصة، سواءاً كانت تلك الحاجة ظاهرة بصفة جلية أو دون ذلك؛
- للمشروع هدفه الخاص به ما يُكسبه الصبغة الوحدوية ويجعله محدداً خلال مدة زمنية معينة تنقضي بتحقق الهدف المنشود (له بداية ونهاية)؛
- يُفترض في المشروع أنه يحمل عادة شيئاً جديداً مغايراً ولو بصفة جزئية.

وما يحمله كل مشروع هو صفة الخطر المحدِّقة به والتي يمكن أن تؤدي إلى إجهاض المشروع قبل تحقيق الأهداف المرجوة منه، وتتلخص صفة الخطر في كل عامل أو حدث محتمل الظهور يحمل في طياته آثار أو أشياء سلبية يمكن أن تُأثر على السير الحسن للمشروع؛ لذا يقع على عاتق القائمين على إدارة المشروع قسماً كبيراً من المسؤولية في التنبؤ قدر الإمكان بكل ما من شأنه أن يشكل خطراً على حياة المشروع

---

[1]- Henri-Pierre Maders et Étienne Clet, Comment manager un projet, Editions d'Organisation; 2ème tirage 2003. p8.

[2]- Manuel de Gestion, *volume2*, Armand et al ; livre7 « Gestion de la Production », Pierre-Marie Gallois et *al*, Ellipses, 1999.p584.

ومحاولة تجنب ذلك إن أمكن أو التقليل من آثاره السلبية في حال لم يكن هناك مناصاً من ذلك.

2- خصائص المشروع:

يمكن الوقوف على أهم ما يميز المشروع بشرح التعريف الأول للمشروع الذي ارتأيناه تعريفاً شاملاً ومبسطاً ينطوي على كل ما يجب أن يدور حول المشروع وما يتعلق به.

➢ **هدف يراد تحقيقه...(ماذا يراد تحقيقه؟)**

يعبّر الهدف عن الحاجة التي سوف تلبّيها النتيجة النهائية للمشروع، ومن هنا تبرز أهمية التحديد الدقيق لتلك الحاجات والأهداف المترجمة لها، إذ يُفترض في الأهداف أن تكون واقعيةً بما يمكن معه تحقيقها، قابلة للقياس بالشكل الذي يسمح لإجراء تقييم لمدى تحققها، ذات منظور إيجابي ومشجعة لأولئك الذين يعملون على تحقيقها؛ إضافة إلى ذلك يجب أن تكون الأهداف مقبولة، واضحة وكذا مفهومة من قبل الجميع وهذا قبل الشروع في المشروع؛ وفي هذا الإطار دائماً يجب التمييز أحياناً بين ماهو أساسي من أهداف وما هو ثانوي منها.

➢ **يتدخّل عدة أطراف...(مع من نتعامل؟)**

الطرف هو كل من يأخذ نصيبا كاملا في حدث ما، ولا شك أن هناك عدة أطراف تتدخل في عملية إنجاز المشروع، يجب أن يكون دور كلٌّ منها ومسؤولياته، من حقوق وواجبات، محدداً بصفة جلية قبل البدء في المشروع.

➢ **في إطار معين...**

يدور المشروع دائما في إطار محيط خاص يتّصف بـــ"هنا" و"الآن".

➢ **خلال مدة معينة...**

فكل مشروع هو محدد في الزمن إذ يحتوي مدة زمنية وتأريخات تقويم تتعلق ببدء ونهاية كل نشاط.

➢ **بوسائل محددة...**

وهي كل مورد تحت تصرف المشروع، وتُترجم على شكل نفقات المستخدمين ونفقات اقتناء المعدات والآلات اللازمة، ويُشكّل مجموع هذه النفقات ميزانية المشروع.

➢ **يستدعي استعمال أدوات محددة...**

أدوات تقنية تساعد القائم على المشروع في إدارة هذا الأخير، من هذه الأدوات ما يساعد على تنظيم المشروع (المخطط أو الهيكل التقني للمشروع OTP، طريقة تقويم البرامج ومراجعتها PERT أو مخطط قانت). ومنها ما يساعد على تسيير المشروع (كجدول القيادة وجدول الأخطار) إضافة إلى أدوات أخرى تُنشّط المشروع (تقارير سيرورة المشروع وتقدّمه، مخطط الاتصال...).

3- أنماط تنظيم المشروع:

يستوجب المشروع كأي عملية إنتاجية أن يكون منظماً وتزداد أهمية ذلك في حال المشروع نظراً لأن الأمر يستدعي تدخل عدة أطراف ولأنه يعبّر عن مدّة زمنية غير عادية كباقي نشاط المنظمة إضافة لأنه يجنّد أهم موارد المنظمة. فكيف يمكن للمنظمات أن تُنظّم مشروعاتها موازاة مع نشاطها الدائم؟ أمن طرق معيّنة لتكييف المشروع مع الظروف العادية؟ بمعنى كيف سيكون موقع المشروع من التنظيم الجاري في المنظمة؟

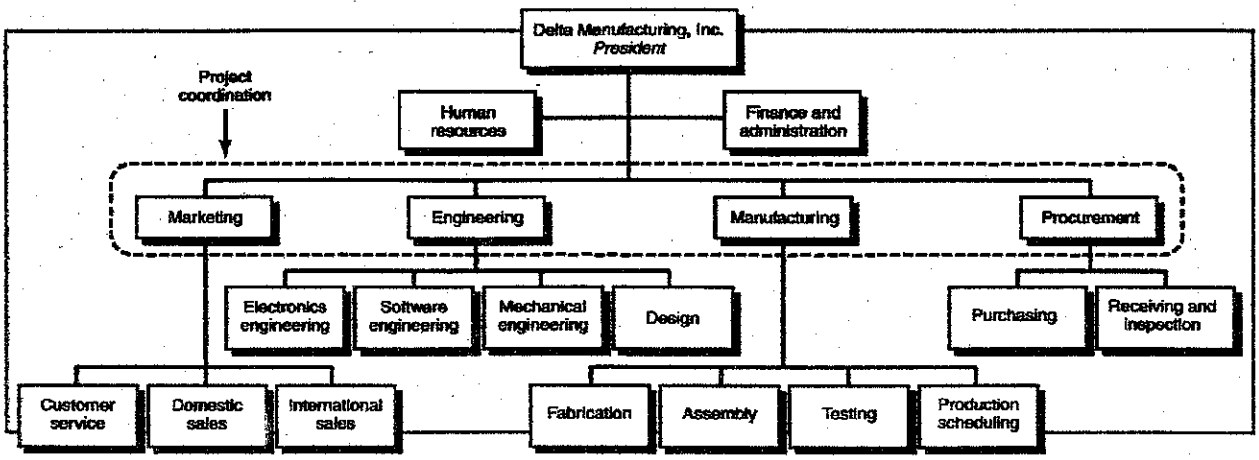
في الواقع يمكن التمييز بين طريقتين أساسيتين يمكن إتباعهما حيال تنظيم المشروع:[1]

- المشروع كحصة من التنظيم الحالي (الجاري)، أي ضمن هذا التنظيم؛
- المشروع كتنظيم مستقل عن التنظيم الجاري.

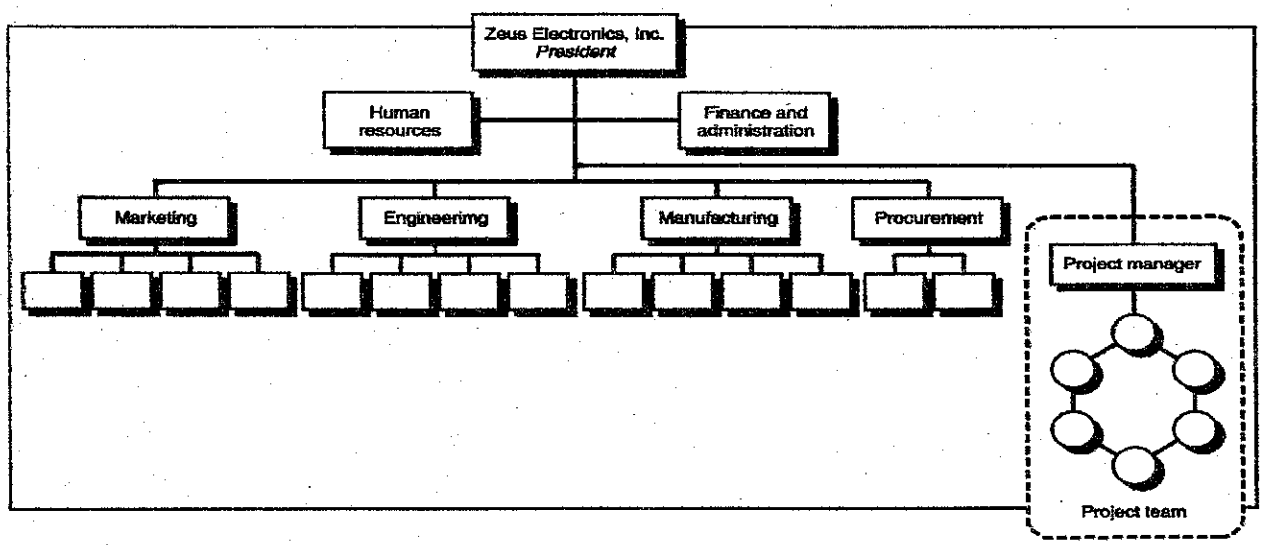
[1] -Voir : Clifford F. Gray and Erik W. Larson, Project Management: the managerial process, Second Edition, Mc Graw-Hill 2003, p57-68.

وهناك نمط ثالث لتنظيم المشروع يعرف بـــ"التنظيم المصفوفاتي" وهو عبارة عن مزيج بين التنظيمين السابقين.

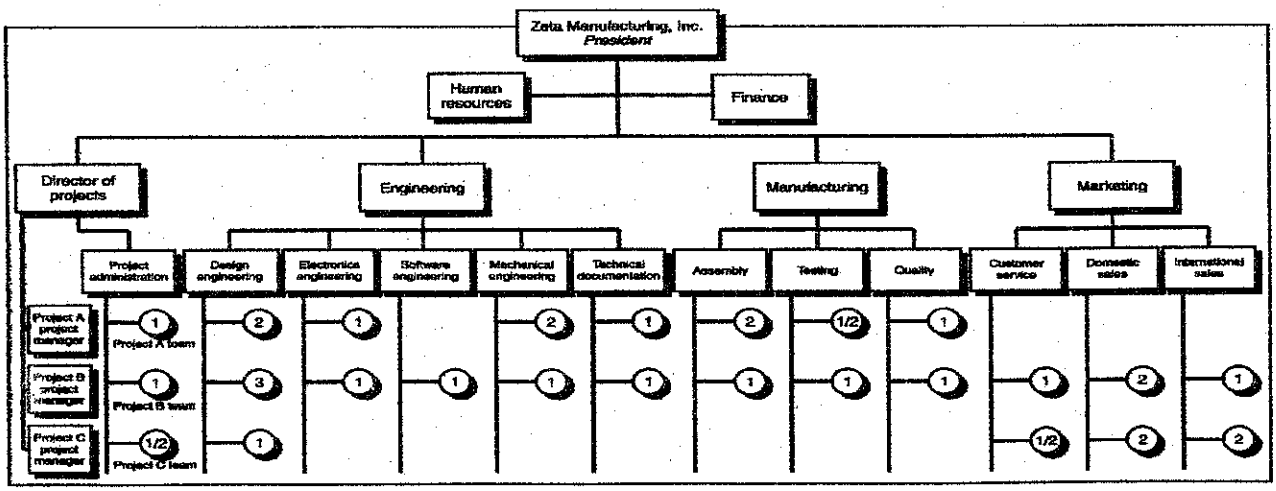
نستعرض فيما يلي بالشكل والتعليق هذه الأنماط الثلاثة وأهم ما يميّز كل واحد منها وإيجابياته وسلبياته ومتى يكون أكثر ملائمةً:



الشكل 29: المشروع كحصة من التنظيم الحالي.



الشكل 30:المشروع كتنظيم مستقل.



الشكل 31:التنظيم المصفوفاتي للمشروع.

المصدر : Clifford F. Gray and Erik W. Larson, Project Management, 2003; pages 59, 62, 65.

نوع التنظيم	ضمن التنظيم الحالي	مستقل عن التنظيم الحالي	تنظيم مصفوفاتي (مزيج بينها)
المميزات	♦نفس خريطة التنظيم السابقة أي نفس الهيكل التنظيمي المعهود؛ ♦ما تمليه المشاريع يُضاف إلى المهام الفردية الخاصة؛ ♦مسؤولية إدارة المشروع تقع على عاتق المدير الحالي.	♦في هذا النمط من التنظيم يتم تكليف مجموعة أفراد مكوَّنة من مستخدمي مختلف الوظائف (مالية، إنتاج، تسوية...) بإنجاز المشروع؛ ♦يترأس تلك المجموعة (فرقة) مديراً يُعيَّن قائداً لها ومسؤولاً عن إدارة المشروع، بحيث يتفرَّغ هو ومجموعته للعكوف على المشروع فقط.	♦مدير مشروع مسؤول عن السير الحسن للمشروع وعن مجموعة المستخدمين تحت إشرافه فيما يتعلق بالمشروع، إلاَّ أنَّ أفراد المجموعة تلك يبقوا كذلك تحت إمرة مسؤولي أقسامهم الأصلية ضمن عملهم العادي. ♦في هذا النمط من التنظيم يمكن التمييز بين 3 أنماط فرعية: الأول يميل أكثر إلى النوع التنظيمي الأول (ضمن التنظيم الحالي)، الثاني يرجح استقلالية تنظيم المشروع، والثالث وسط بينهما.
الإيجابيات	♦لا تستدعي أشياءا جديدة؛ ♦درجة كبيرة من المرونة في استغلال الموظفين؛	♦طريقة سهلة نسبياً لانجاز المشروع حيث أنه ليس ثمة تعارض في المسؤوليات؛ ♦سرعة إنجاز المشروع نظراً لأن المجموعة لا	♦تجعل المشروع محل تأكيد؛ ♦تدخل مختلف الأقسام في المشروع تجعله يستفيد من مختلف مجالات التكنولوجية و الخبرات

الجدول 2: أنماط تنظيم المشروع.

الإيجابيات (تابع)	♦إذا كان المشروع صغيرا، معظم الخبرة تكون في العمل الجماعي على الأرجح؛ ♦العمل الخاص بالمشروع ماهو إلا تخصيص روتيني يُتعوَّد عليه؛ ♦استمرار الأفراد في إنجاز مهامهم العادية.	تهتم إلا به، وكذا نظراً لسرعة تدفق المعلومات واتخاذ القرار؛ ♦مستوى عالٍ جدًّا من التحفيز والتلاحم حيث أن القائمين على المشروع يتقاسمون نفس الهدف والمسؤولية الشخصية اتجاه المشروع؛ ♦تقاطع عدة مسؤوليات وظيفية بما ينعكس إيجاباً على ترقية المشروع بدلا من أن يهتم كلٌّ بشأنه.	المتاحة؛ ♦سهولة نسبية في إعادة إدماج المستخدمين بعد تتمة المشروع؛ ♦سرعة إجابة طلب الزبون المعني بالمشروع، شأنها في ذلك شأن النوع الثاني من التنظيم؛ ♦توازن رحب في استغلال الموارد بما يمكّن من تحقيق الأهداف.
السلبيات	♦يكون المشروع عبارة عن نشاط ثانوي، مما قد يفقده التركيز و الإهتمام؛ ♦ضعف التكامل والتنسيق فيما بين الوحدات الوظيفية، حيث يرى كل منها نفسه مسؤولاً عن جزء فقط من المشروع؛	♦يعد هذا النمط من التنظيم مكلّفاً نظراً لأنه يجب خلق منصب جديد (قائد المشروع) وكذا تجنيد الموارد المعنية خلال فترة كاملة من الزمن؛ ♦إذا لم تكن هناك أعمال مشاريعية أخرى،	♦تعارض في المسؤوليات بين قائد المشروع (مدير المشروع) ومسؤولي الوظائف الأخرى حيث أن كل منهما له سلطة على المستخدمين المعنيين. ♦اختراق مبدأ السلطة الواحدة، ففي هذه الحال يخضع عما المشروع إلى سلطة مزدوجة: سلطة

الجدول2: أنماط تنظيم المشروع (تابع)

السلبيات (تابع)	♦طول مدة إنجاز المشروع نتيجة تباطئ في دوران المعلومات الخاصة به، وكذا نتيجة تباطئ في اتجاه القرارات التي تمر عبر القنوات الإدارية العادية؛ ♦أخيرا، ضعف تحفيز الأفراد المعنيين بإنجاز المشروع، حيث يُنظر إلى المشروع أنه شغل زائد غير متعلق بالسلم الوظيفي للنشاط العادي...	فسوف تبرز صعوبة في إعادة إدماج المجندين خلال فترة المشروع إلى مناصبهم السابقة حيث يصعب عليهم مواكبة التطورات الجديدة في أقسامهم؛ ♦غياب المؤهلات والخبرات الفردية عن المنظمة طالما أنها مخصصة لإدارة المشروع وإنجازه؛ ♦أخيرا، قد تبرز مشكلة في كيفية التقويم المتعلق بالسُلّم الوظيفي للأفراد المعينين لإنجاز المشروع...	المدير الأصلي، وسلطة مدير المشروع؛ ♦صعوبة التوفيق بين عمل المشروع والعمل العادي بالنسبة للمستخدمين؛ ...
الحالات الملائمة	♦المشروعات الصغيرة؛ ♦لما يكون المشروع أكثر جانبية؛ ♦حينما تكون للمدير الحالي حرية التصرف في مثل هذه الظروف الظّرفية (من ميزانية خاصة وغيرها).	♦المشروعات الكبيرة ذات الوزن الثقيل والمعقدة؛ بحيث تستدعي تجند متخصصين خلال فترة من الزمن؛ ♦المشروعات الطارئة...	♦حينما ترتبط أنشطة المشروع بأنشطة الأقسام الوظيفية؛ ♦مشروعات وظيفية؛ ♦عدة مشاريع مع بعض؛ ...

الجدول2: أنماط تنظيم المشروع (تابع)

المطلب الثاني: تجزئة المشروع.

1- ضرورة تجزئة وتقسيم المشروع:

تتكون المشاريع بطبعها من عدة أنشطة تزداد تعقيداً كلما كبر حجم المشروع، ولتفعيل إدارة المشاريع والتحكم فيها يتوجب تقسيم وتجزئة المشروع إلى أنشطة بسيطة يسهل التحكم فيها وضبطها ومراقبتها بشكل واضح وكذلك تقييمها من جهة الزمن (مدّتها) أو من ناحية تقدير تكاليفها، وتسهيل إسناد المهام إلى مختلف المعنيين بإنجاز المشروع حتى يعرف كل منهم ما دوره وما يجب أن يقوم به وفي أي إطار زمني وهكذا...، و بالتالي سوف تساعد تجزئة المشروع في وضع خطة لإنجاز المشروع مفهومة من قبل الجميع.

وعلى الرغم من أن عملية تجزئة المشاريع تعد ضرورية ومهمة في إدارة المشاريع، بحيث أنها تعمل إلى جعل أكبر قدر من الاستقلالية فيما بين مختلف العناصر، إلا أنها لا تخلو من بعض المصاعب التي تعترضها كصعوبة التحديد والتقدير الدقيق للأنشطة أو نسيان أنشطة وغيرها مما يوجب اعتماد طرق ومناهج علمية في ذلك.

أشهر الطرق المعتمدة في تجزئة المشاريع ثلاثة نستعرضها في الفقرة الموالية.

2- طرق تجزئة المشروع:

2-1 المخطط التقني للمنتجات Product Breakdown Structure (PBS):

وهو عبارة عن نظرة تراتبية لمختلف المكونات والأجزاء الداخلة في إنجاز المنتوج النهائي للمشروع[1]؛

2-2 المخطط التقني للأعمال Work Breakdown Structure (WBS):

تعرف هذه الطريقة كذلك باسم الهيكل التقني للمشروع (أو التقييم التقني للمشروع)، وهي عبارة عن تشكيل بياني للمشروع يجزئه من خلال مستويات

[1]- Gilles Vallet, techniques de suivi de projets, Dunod, Paris, 3ème édition 2003, p195.

متلاحقة إلى تلك الدرجة من التفصيل الضرورية لإقامة تخطيط ومراقبة ملائمين.[1] وبالتالي ينظر إلى هذه الطريقة على أنها تقسيم للعمل الإجمالي الواجب إنجازه إلى نشاطات بسيطة يمكن تقديرها، والتخطيط لها وإسنادها إلى من يقوم بها.

3-2 مخطط الهيكل التنظيمي Organisation Breakdown Structure OBS:

يجعل الهيكل التنظيمي للمنظمة القائمة بالمشروع الطريقتين السابقتين في علاقة مع بعضهما البعض بغرض تحديد المسؤوليات تجاه المهام الواجب القيام بها.

[1] – Ensemble de spécialistes sous l'égide de l'AFITEP, Le management de projet, principes et pratiques , Editions Mare Nostrum , 1996,p 23.

المبحث الثاني: جدولة أنشطة المشروع.

يعتبر كل من أسلوب المسار الحرج Critical Path Method: CPM وتقنية تقييم ومراجعة المشروع Projet Evaluation and Review Technique PERT أداة إدارية فعالة في تخطيط وجدولة تنفيذ المشروعات ومتابعة عمليات التنفيذ والرقابة عليها؛ ففي عام 1957 قامت شركة "دي بونت Du Pont" الأمريكية بتصميم أسلوب المسار الحرج لأغراض تخطيط وجدولة تنفيذ أحد مصانع الكيماويات التابع لها، ثم انتشر استخدام هذا الأسلوب في عدد من مجالات الصناعات الإنشائية كبناء الجسور والمستشفيات والمصانع. أما تقنية تقييم البرامج ومراجعتها فقد صُمِّمت بتعاون مجموعة من الباحثين بين عام 1958 و1959 لحساب البحرية الأمريكية بغرض تخطيط وجدولة تنفيذ مشروعاتها العسكرية ولأغراض التحكم في شيفرات الأسلحة الهجومية والدفاعية، وقد انتشر هذا الأسلوب أيضا من ذلك التاريخ في كل المجالات الإستراتيجية وجدولة وتنفيذ المشروعات باختلاف أنواعها[1].

ورغم أن كلا الأسلوبين المذكورين متشابهين مع بعضهما البعض إلى حد ما، حيث يُسهم كلٌّ منهما في تفعيل تخطيط ورقابة عملية إنجاز المشاريع، إلا أن هناك اختلافاً جوهرياً يميّز بينهما، ويتمثل هذا الاختلاف في كون طريقة أو أسلوب تقويم البرامج ومراجعتها PERT يأخذ بالجانب الاحتمالي حين إعداد خطة لإنجاز المشروع، ويجد هذا الأسلوب مكانه في حال كانت أنشطة المشروع تتصف بعدم التأكد من حيث مدة إنجازها إذ يغلب الطابع الاحتمالي على تلك المدة، في حين يستخدم أسلوب المسار الحرج CPM في حال التأكد من أوقات الأنشطة المكونة للمشروع.

وحيث أن الأسلوبين متقاربين مع بعضهما البعض، عدا هذا الاختلاف المذكور نجد الكثير يجمع بينهما تحت مظلّة التحليل الشبكي. وسنتكلم فيما يلي بشيء من التحليل عن هذين الأسلوبين الشهيرين في ثلاثة فروع: الأوّل مخصص لجدولة

[1]– د. ابراهيم نائب، د.انعام باقية، مرجع سابق، ص 196.

المشاريع في حال التأكد، بينما الثاني يُضفي صبغة عدم التأكد على جدولة إنجاز المشاريع، ويبحث الفرع الأخير في تحديد جدول الإنجاز الأمثل مع الأخذ بعين الاعتبار عنصر التكلفة.

المطلب الأول: جدولة المشاريع في حال التأكد.

1- إعداد شبكة أعمال المشروع:

1-1 مصطلحات أساسية:

عند القيام بإعداد شبكة لأعمال المشروع لابد أولاً من الإلمام ببعض المصطلحات الأساسية المتعلقة بهذه العملية، فما المقصود بالشبكة أولاً؟ وما هي تلك المصطلحات المتعلقة بها؟

- **الشبكة** Network: تتكون الشبكة من مجموعة من العُقد (noeuds) ومجموعة أقواس أو أسهم تربط فيما بين هذه العقد؛ تستخدم الشبكة في تحديد أقل زمن ممكن للانتهاء من المشروع أو أقل تكلفة لتحقيق عمليات هذا المشروع، لها بداية ونهاية؛
- **النشاط** Tâche: وهو عبارة عن عملية عضوية مبسطة (تجزئة المشروع) بحيث يسهل التعامل معها، لها مميزاتها من مدة زمنية وتكلفة ويُشكِّل مجموعها المشروع الواجب إنجازه وفق تسلسل تلك الأنشطة؛
- **المسار** Chemin: يعبِّر المسار عن نشاطين متتاليين مرتبطين فيما بينهما؛
- **المسار الحرج** Chemin Critique: وهو أطول مسار على الشبكة من بداية المشروع إلى نهايته، يناسب زمن المسار الحرج أقل زمن ممكن لإنجاز المشروع (أدنى مدة)؛ تدعى النشاطات الواقعة على هذا المسار بالأنشطة الحرجة بحيث أن أي تأخير في إنجاز أي منها سوف يقود إلى تأخير إنجاز المشروع بأكمله بذات القدر من الزمن الذي تأخر به الزمن الحرج؛ وبهذا

يجب لفت العناية المركزة إلى مثل هذه الأنشطة أو حتى تلك التي تكاد تكون حرجة.

- **الحادث** Evénement: في حال استعمال هذا المصطلح فإنه يدل على بداية نشاط أو نهايته؛ لا تستغرق الأحداث وقتاً كما أنها لا تستهلك موارد، وإنما هي فقط نقط ارتكاز تُعطي أساساً منطقياً يربط مختلف الأنشطة؛ وأخيراً نقول أنه يمكن لنشاط ما أن يولّد عدة أنشطة تكون تابعة له مباشرة.

عند القيام بتصميم شبكة أعمال المشروع يمكن إتباع منهجيتين في التمثيل، تعرف أولاهما بـــ"Activity-On-Node AON"[1] تكون النشاطات فيها ممثلة على العقد بينما تمثل الأسهم ترتيب النشاطات والعلاقات فيما بينها؛ أما المنهجية الثاني فهي تعرف بـــ"Activity-On-Arc (Arrow) AOA"[2] أين تكون النشاطات ممثلة على الأسهم بينما تمثّل العقد الحادث الذي ينطلق منه النشاط أو ينتهي إليه.

وعلى الرغم من أن طريقتي المسار الحرج وتقويم البرامج ومراجعتها يعتمدان في الأصل على التمثيل الثاني إلا أن التمثيل الأول (AON) يعدّ أكثر وضوحاً وبساطةً من الثاني الذي يُلزم عدة أسهم وهمية لبناء الشبكة بشكل صحيح. وطبيعي أن نقول أنه يمكن الجمع بين كلتا الطريقتين مع أننا سنقتصر على الأولى فقط، وما ذاك إلاّ لأنّ كلتاهما تحاول توضيح الشيء نفسه مع اختلاف في كيفية توضيحه.

1-2 قواعد بناء الشبكة:

عند إعداد شبكة لأعمال المشروع يجب بصفة عامة مراعاة ثمانية قواعد:[3]

1- أن يكون اتجاه الشبكة من اليسار إلى اليمين؛

2- لا يمكن البدء في نشاط معين إلا إذا تمّ الفراغ من جميع الأنشطة التي تسبقه والمرتبطة به؛

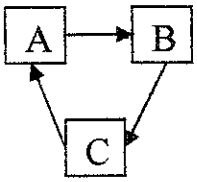
---

[1]-Activités sur les nœuds ou encore graphe potentiel-tâches.
[2]-Activités sur les arcs, appelée encore graphe potentiel-étapes.
[3]- Clifford F.Gray and Erik W.Larson, op. cit. p156.

3- تمثل الأسهم على الشبكة قيود الأسبقية وانسياب الأنشطة ويمكن لها أن تتقاطع مع بعضها البعض؛

4- يجب أن يحمل كل نشاط عدداً (أو رمزاً) خاصاً به يُعرِّفه؛

5- يجب أن يكون العدد (الرمز) التعريفي لكل نشاط أكبر من ذلك الخاص بالأنشطة السابقة له؛



6- جميع الروابط ممكنة إلا تلك التي تكون على شكل حلقة

7- الإفادات المشروط غير مسموح بها (من قبيل إذا...مثلا)؛

8- إذا كان المشروع مبتدئاً بعدة أنشطة فإنه يمكن إضافة نشاط وهمي يجعل بداية المشروع واحدة وواضحة على الشبكة، كذلك إذا كانت عدة أنشطة تمثّل نهاية المشروع يمكن إضافة نشاط وهمي يوحّد تلك النهاية ويوضّحها. للإشارة فإن الأنشطة الوهمية تكون مدتها الزمنية معدومة وهي لا تستهلك موارد كونها لا تعبّر عن نشاط حقيقي.

1-3 أنواع القيود:

يمكن التمييز أساساً في موضوع جدولة إنجاز المشاريع بين ثلاثة أنواع من القيود:[1]

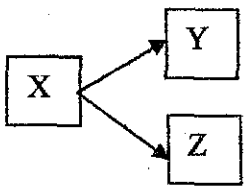
- قيود التمركز الزمني: ويقصد بها تمركز نشاط معين في الزمن، مثلاً لا يمكن أن نبدأ النشاط قبل تاريخ معين أو بعد تاريخ معين؛
- قيود متعلقة بالتتابع الزمني للأنشطة: وهي تعبر عن علاقات الأسبقية فيما بين الأنشطة؛
- قيود تمييزية: ويعني هذا النوع من القيود أنه لا يمكن إنجاز نشاطين معيّنين في آن واحد دون ذكر من يجب إنجازه أولاً؛

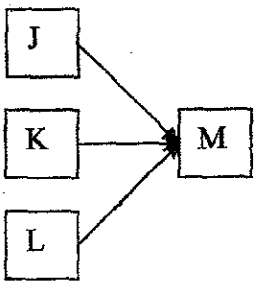
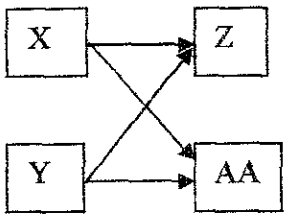
[1] - Daniel De Wolf, gestion de la production, Université de Liège, Liège, Septembre 2003, p118.

وتمثّل مسائل الجدولة ذات قيود تمركز زمني وكذا تتابع زمني فقط المشكل الرئيسي في الجدولة، وبالتالي يجب وضع رُزنامة البدء في كل نشاط بطريقة تمكّن من إنجاز المشروع في أقرب وقت ممكن مع احترام القيود الزمنية.

1-4 أنماط العلاقات التي تربط أنشطة المشروع:

يمكن التمييز على المخطط الشبكي بين ثلاثة علاقات أساسية تربط الأنشطة الواقعة على ذلك المخطط، وذلك بتحديد ماهي الأنشطة التي تسبق مباشرةً نشاطاً معيناً حيث لا يمكن البدء فيه إلا بعد إنجاز تلك الأنشطة؛ كذلك تعريف ماهي الأنشطة التي تلحقه مباشرة بحيث لا يمكن البدء فيها إلاّ بعد إتمامه؛ ثم أخيراً، ماهي الأنشطة التي يمكن إنجازها موازاةً مع ذلك النشاط (أي في نفس الوقت) وبالإمكان توضيح هذه الأصناف من العلاقات من خلال الجدول التالي:

لا يمكن البدء في النشاط B إلا بعد الانتهاء من النشاط A، كذلك لا يمكن البدء في C إلا بعد الإنتهاء من النشاط السابق له B .	 ليس للنشاط A أي سابق له. B مسبوق من قبل A. C مسبوق من قبل B.
(أ)	
لا يمكن أن نبدأ في النشاط Y أو Z إلا بعد إتمام النشاط X، كذلك يوضح الشكل إمكانية إنجاز Y وZ في نفس الوقت غير أن هذا ليس شرطاً ضرورياً.	 Y و Z يسبقهما النشاط X
(ب)	
يمكن إنجاز الأنشطة J وK وL بالتوازي أي في نفس الوقت إذا رغبنا ذلك، ولا	للنشاط M ثلاثة أنشطة تسبقه J، K وL.

يمكن البدء في M إلا بعد الانتهاء من تلك الأنشطة الثلاثة J، K وL؛ وحيث أن هذه الأخيرة تندمج كلها في النشاط M يمكن القول عن M أنه يعبِّر عن نقطة ارتكاز. (ج)	
يمكن معالجة النشاطين X وY في نفس الوقت وكذلك الأمر بالنسبة لـــZ وAA إلا أنه لا يمكن أن نبدأ في هذين الأخيرين إلاّ بعد الانتهاء من كلا النشاطين X وY. (د)	X وZ يسبقان Z وAA 

الجدول 3: أنماط العلاقات التي تربط أنشطة المشروع.

المصدر: Clifford F.Gray and Erik W.Larson, op. cit. p 157-158.

في الواقع هذه الأساسيات من العلاقات التي ذكرناها ومثّلناها لم تكن تعبّر إلاّ عن ربط من نوع واحد وهو الربط "نهاية- بداية"، وربط من هذا النوع فقط يجعل في الحقيقة شبكة أعمال المشروع، وبالتالي سيرورته، أكثر صلابة إذ لا يمكن أن نبدأ في نشاط معين إلا بعد إتمام سابقه مائة بالمائة، وهذا في الحقيقة في غير صالح تقدم المشروع وانسياب مراحله؛ لكن ما ينبغي التنبه إليه هو أن الربط بمفهومه الشامل يدل على العلاقة بين بداية أو نهاية نشاط سابق وبداية أو نهاية نشاط لاحق مما يوجب التمييز بين علاقات أخرى ممكنة، تجعل من الأمر أكثر مرونة، بحيث يُصبح بالإمكان التفريق في الأخير بين أربعة أنماط من الروابط هي:[1]

1- ربط من نوع "نهاية- بداية": من نهاية النشاط السابق إلى بداية النشاط اللاحق؛

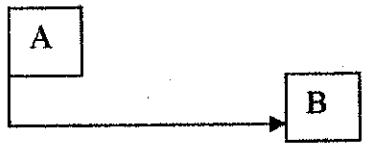
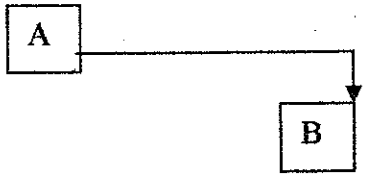
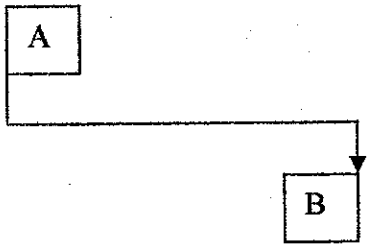
[1]- Gilles Vallet, Techniques de planification de projets, Dunod, Paris, 3ème édition 2003, p16.

2- ربط من نوع "بداية- بداية": من بداية النشاط السابق إلى بداية النشاط اللاحق؛

3- ربط من نوع "نهاية- نهاية": من نهاية النشاط السابق إلى نهاية النشاط اللاحق؛

4- ربط من نوع "بداية- نهاية": من بداية نشاط السابق إلى نهاية النشاط اللاحق.

فمثلاً يمكن تمثيل مختلف الروابط الممكنة بين نشاطين A وB كما يلي:

نـــوع الربط	التمثيـــل البيـــاني	الشـــــــرح
نـــهاية–بـــداية		لا يمكن الشروع في B إلا بعد الخلاص كلية من A، لكن هذا لا يعني أنه يجب أن نبدأ في B مباشرة عقب الإنتهاء من A إذ يمكن تأخير بداية النشاط B.
بـــداية– بـــداية		يمكن أن نبدأ في النشاط اللاحق B مع البداية في النشاط السابق A، وبهذا يمكن انجاز كلا النشاطين بالتوازي.
نـــهاية– نـــهاية		الإنتهاء من النشاط اللاحق B يكون عند الإنتهاء من النشاط السابق A أو بعده، هنا كذلك يمكن إنجاز النشاطين أو على الأقل بعض مراحلهما بالتوازي.
بـــداية– نـــهاية		كنوع نادر من الروابط، يمثل هذا الربط العلاقة الموجودة بين بداية نشاط و نهاية لاحقه؛ ففي التمثيل يمكن أن توافق نهاية النشاط اللاحق B بداية النشاط السابق A أو بعد أن نكون قد بدأنا فيه.

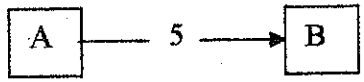
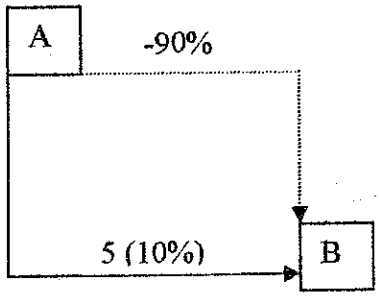
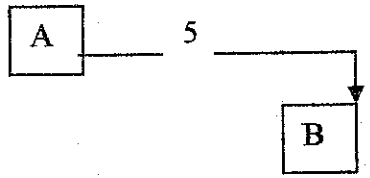
الجدول 4: مختلف الروابط الممكنة بين نشاطين معينين.

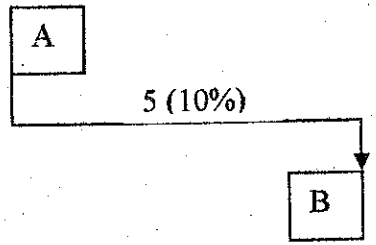
وإذا أردنا أن نجعل الصورة مُكتملةً فيما يخص مختلف الروابط والعلاقات التي تربط الأنشطة مع بعضها البعض يجب أن نشير إلى مفهوم هام يتعلق بالآجال التي يمكن أن تحملها تلك الروابط، فما المراد بالأجل؟

يُعبِّر الأجل عن المدة الدنيا (ذات قيمة جبرية) التي يجب أن تفصل النشاط اللاحق عن النشاط السابق، فهو يشير إذاً إلى فترة انتظار ويمكِّن من تجنب خلق نشاطات وهمية وسيطية، وقد يكون الأجل سالباً موحياً بذلك أنه يمكن البدء في النشاط اللاحق قبل نهاية سابقه، فهو بهذا يعبِّر عن تقدمٍ عكس الموجب الذي يعبِّر عن التأخر. ويمكن التعبير عن الآجال بوحدات من الزمن (يوم، أسبوع،...) أو كذلك أحيانا بنسبة مئوية من مدة إنجاز النشاط السابق[1].

إذا أخذنا بعين الاعتبار عنصر الأجل في الجدول السابق فإنه يمكن إعادة صياغته في الجدول الموالي مفترضين أن الأجل هو دائما خمسة أيام.

[1]- Gilles Vallet, Techniques de planification de projets, op. cit. p19-20.

نـــوع الربط	التمثيـــل البيـــاني	الشـــــــرح
نـــهاية–بـــداية		لا يمكن البدء في النشاط B إلا بعد خمسة أيام على الأقل من انتهاء النشاط A.
بـــداية– بـــداية		البدء في النشاط B يكون على الأقل بعد خمسة أيام من البدء في النشاط A، أو نقول على الأقل بعد أن يكون النشاط A أُنجز بنسبة 10% مثلاً، أو كذلك نقول يمكن البدء في B قبل الإنتهاء من A بـــ 90% (45 يوم) (.....◄ نهاية– بداية)
نـــهاية– نـــهاية		لا يمكن الإنتهاء من النشاط B إلا بعد الإنتهاء من A بـــ خمسة أيام على أقل تقدير.

بـــداية– نـــهاية		لا يمكن الإنتهاء من النشاط B إلا بعد أن نكون قد بدأنا في النشاط A بـــ خمسة أيام على الأقل(أو بعد أن يكون A أُنجز بـــ 10%).

الجدول 5: مختلف الروابط الممكنة بين نشاطين معينين مع الأخذ بعين الإعتبار عامل الأجل.

بعد هذه العناصر الأساسية والمفاهيم الأوليّة المتعلقة بتصميم شبكة أعمال المشروع وإعدادها أصبح بالإمكان الآن رسم تلك الشبكة على حسب معطيات المشروع المراد جدولة أنشطته، غير أن ما يتوجّب فعله الآن هو تحديد متى يجب تنفيذ كل نشاط بمعنى تحديد أوقات إنجاز أنشطة المشروع، فالشبكة على وضعها ذاك ماهي إلا تعبير عن خريطة المشروع تعكس كيفية إنجازه والعلاقات التي تربط أنشطته.

2- جدولة أوقات تنفيذ المشروع:

يُمكن استخراج مختلف الأزمنة المتعلقة بإنجاز مختلف الأنشطة المكوّنة للمشروع من على الشبكة وتحديد المسار الحرج باتباع نهجين في الحساب، يُعرف الأوّل على أنه انتقال نحو الأمام، فيما يعبّر الثاني عن انتقال أو رجوع نحو الخلف. هذين المسارين سوف يجيبان على الأسئلة التالية:[1]

- الاتجاه نحو الأمام- حساب الأزمنة المبكرة:

1- ماهو أقرب وقت يمكن للنشاط أن يبدأ فيه؟ (الوقت المبكر لبداية النشاط ES)؛

2- ماهو أقرب وقت يمكن للنشاط أن ينتهي فيه؟ (الوقت المبكر لنهاية النشاط EF)؛

3- ماهو أقرب وقت يمكن أن ينتهي فيه المشروع بأكمله؟ (الوقت المأمول).

- الاتجاه نحو الخلف- حساب الأزمنة المتأخرة:

1- ماهو أقصى وقت يجب أن نبدأ فيه النشاط؟ (الوقت المتأخر لبداية النشاط LS)؛

[1] – Clifford F.Gray and Erik W.Larson, op. cit. p160.

2- ماهو أقصى وقت يجب أن تُنهي فيه النشاط؟ (الوقت المتأخر لنهاية النشاط LF)؛

3- ماهي الأنشطة التي تمثل المسار الحرج؟ (أطول مسار على الشبكة الذي بتأخره يتأخر المشروع بأكمله)؛

4- بكم يمكن تأخير النشاط؟ (الهامش أو الفائض).

2-1 جدولة الوقت المبكر:

تسمح جدولة الوقت المبكر لمختلف الأنشطة بتحديد المجال الزمني المبكر الذي يمكن أن تُنجز في خلاله تلك الأنشطة وبالتالي أقرب وقت مأمول لإنجاز المشروع، ويتم حساب هذه الأوقات المبكرة بالانتقال من اليسار إلى اليمين، أي في اتجاه الأمام، منطلقين من نشاط البداية ومتوجهين نحو تلك الأنشطة التي تمثل نهاية المشروع آخذين بعين الاعتبار في هذا الانتقال المدة التي يستغرقها إنجاز كل نشاط ومدة الأنشطة السابقة له.

فلو قدّر مثلاً أن بداية المشروع سوف تكون في الزمن t_0، وإذا عنينا بـــ d_j مدة إنجاز النشاط j، يمكن حساب الأوقات المبكرة على النحو التالي:

- الوقت المبكر لبدء النشاط الأول (نشاط البداية) هو t_0. $(ES = t_0)$

- الوقت المبكر لنهاية أي نشاط= الوقت المبكر لبدايته+ الوقت المطلوب لإنجازه. $(\text{pour tout j} \quad EF = ES + d_j)$

- إذا لم يكن النشاط مسبوقاً إلاّ بنشاط واحد الذي يرتبط به مباشرة، فإن الوقت المبكر لنهاية النشاط السابق (EF) يصبح الوقت المبكر لبداية النشاط اللاحق (LS)؛

- إذا كان للنشاط عدة أنشطة تسبقه بصفة مباشرة، ففي هذه الحال يتم اختيار أعظم وقت مبكر لنهاية الأنشطة السابقة ليصبح الوقت المبكر لبداية النشاط اللاحق. $(ES = \text{Max } EF_j, \text{pour j précédent immédiat})$.

2-2 جدولة الوقت المتأخر:

على العكس من جدولة الوقت المبكر، يتم حساب الأوقات المتأخرة للأنشطة بالسير في الاتجاه المعاكس، أي من نهاية المشروع إلى بدايته ولعل ما يفسّر هذا الحساب هو البحث عن درجة من المرونة بالنسبة لبعض الأنشطة بحيث يمكن تأخيرها، لسبب أو لآخر، دون تأخير في مدة إنجاز المشروع المحددة في المرحلة السابقة (جدولة الوقت المبكر) وهي المدة التي تفترضها جدولة الوقت المتأخر كأقصى مدة لإنجاز المشروع.[1]

يمكن إعداد جدولة الوقت المتأخر على المقاس التالي:

- الوقت المتأخر لنهاية النشاط الأخير هو نفسه الوقت المبكر لنهايته (LF = EF)؛

- الوقت المتأخر لبداية أي نشاط= الوقت المتأخر لنهايته- المدة التي يستغرقها إنجازه.(LS = LF - d_j: pour tout activité j)؛

- إذا لم يكن للنشاط إلا نشاطاً واحداً لاحقًا له فإن الوقت المتأخر لنهايته سوف يساوي الوقت المتأخر لبداية النشاط اللاحق؛

- إذا كان للنشاط عدة أنشطة لاحقة، حينئذ يجب أن يعادل الوقت المتأخر لنهايته أدنى قيمة من بين قيم الأوقات المتأخرة لبداية الأنشطة اللاحقة:

.(LF = Min LSj: pour j successeur immédiat)

2-3 حساب الهامش:

يتمثل الهدف الكامن وراء حساب ما يُعرف بهامش أو فائض النشاط في تحديد الأنشطة التي يمكن تأخيرها إلى حد ما دون مساس بمدة المشروع الإجمالية وتلك التي لا يمكن تأخيرها إلا إذا أدى ذلك إلى تأخير في إنجاز المشروع.

[1]- أحيانا يمكن أن تفرض مدة أخرى كآخر أجل لإنجاز المشروع، من قبل زبون المشروع مثلا، في مثل هذه الحالات يجب العمل بهذه المدة المفروضة.

يمكن حساب ثلاثة أنواع من الهوامش:[1]

1- الهامش الإجمالي: وهو الهامش (المدة) التي يمكن أن يُؤخر بها النشاط دون تغيير المدة الإجمالية للمشروع:

الهامش الإجمالي= الوقت المتأخر لبداية النشاط- الوقت المبكر لبدايته

أو

الوقت المتأخر لنهاية النشاط- الوقت المبكر لنهايته

2- الهامش الحر: الهامش المتاح أمام نشاط يبدأ في وقت متأخر دون تأخير الأنشطة اللاحقة له التي تبدأ في وقتها المبكر:

الهامش الحر= الوقت المبكر لبداية النشاط اللاحق- الوقت المبكر لنهاية النشاط المعني.

3- الهامش المؤكّد: هو الهامش الحر لما نكون قد بدأنا وفق الوقت المتأخر:

الهامش المؤكد= الوقت المبكر لبداية النشاط اللاحق- الوقت المتأخر لنهاية النشاط المعني.

2-4 استنتاج المسار الحرج:

بعد حساب مختلف الهوامش يلاحظ أن من الأنشطة ما يقبل تأخيراً إلى حد ما في إنجازه وهي الأنشطة التي يكون لها هامشاً أو فائضاً إجمالياً موجباً، مثل هذه الأنشطة يعطي للقائمين على إنجاز المشروع مرونة في التسيير وهامشاً للمناورة بقدر قيمة فائض كل نشاط، وبالتالي قد لا تستدعي هذه الأنشطة اهتماماً خاصاً من مدير المشروع طالما أنها أنشطة تُعرف بكونها غير حرجة، على العكس من تلك الأنشطة الحرجة التي لا تقبل أي تأخير في إنجازها، حيث أن تأخير في أي منها يؤدي إلى تأخير استلام المشروع بأكمله؛ مثل هذه الأنشطة يكون فائضه أو هامشه الإجمالي معدوما (وكذلك الهوامش

[1]- Christian Marmuse, Les Aides à la Décision, Fernand Nathan, 2ème édition, sans date ; pp186-187.

الأخرى) ومثلها من يستوجب اهتماماً وتركيزاً من قبل مدير المشروع، ومثلها كذلك من يُشكّل المسار الحرج.

نهاية المراحل السابقة وخلاصتها جواباً عمّا كان قد طُرح من أسئلة، حيث يصبح أمام القائمين على إنجاز المشروع بيان تخطيطي وجدول موضّح به:

- الوقت المبكر لبداية ونهاية كل نشاط؛
- الوقت المتأخر لبداية ونهاية كل نشاط؛
- الهامش الإجمالي والهامش الحر الخاص بكل نشاط؛
- مدة إنجاز المشروع والأنشطة الحرجة.

ويمثل هذا المخطط حجر الأساس في إجراء العملية الرقابية بغرض متابعة تطور تنفيذ أنشطة المشروع والتأكد من مدى تطابق الإنجاز الفعلي واحترام مختلف الآجال مع ماهو مخطط له لتسهيل تحقيق الأهداف المسطرة وعدم التروح عنها؛ لكن وكما قلنا في البداية كل مشروع معرض لأحداث قد تحدث بالصدفة وتكون غير محسوب لها من قبل القائمين على إنجاز المشروع مما قد يشكل خطراً على حياة المشروع، وحتى وإن كان قد تم إعداد تنبّؤ لمثل هذه الأحداث لمحاولة تجنبها أو التقليل من أخطارها، فمن المسلّم به أن أي تنبؤ لا يمكن أن يكون سليما مائة بالمائة. هذا كلُّه يفرض مراجعة دورية لأوقات تنفيذ الأنشطة بما يجعلها تتلاءم مع المعطيات والظروف المستجدّة، وحاصل القول إذن هو أنه يجب حين إعداد جدولة لتنفيذ أنشطة المشروع الأخذ بعنصر عدم التأكد وعدم إمكانية تقدير أوقات أنشطة المشروع بصفة دقيقة.

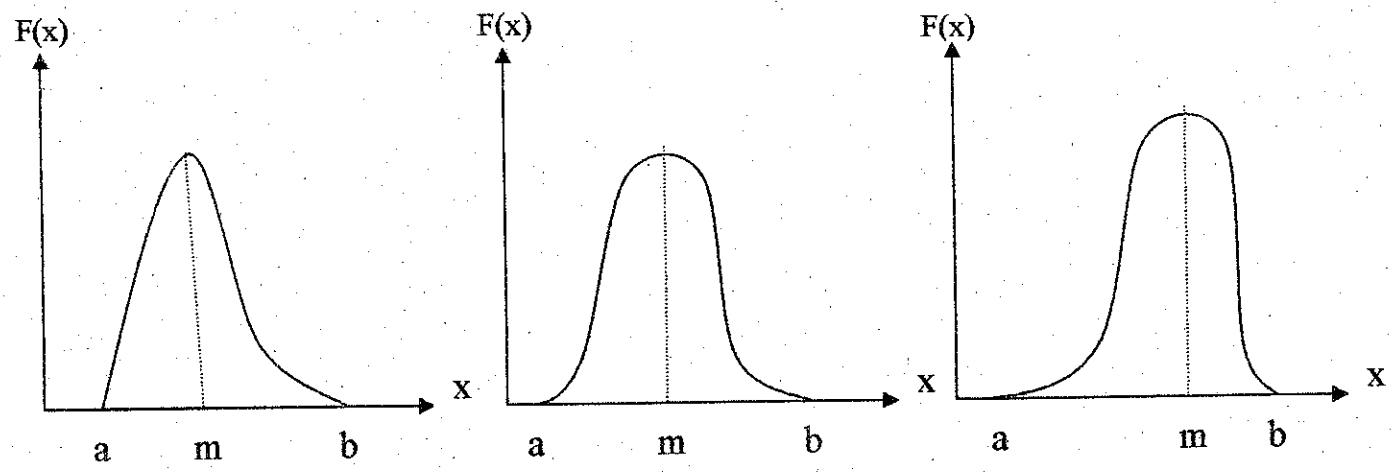
المطلب الثاني: جدولة المشاريع في حال عدم التأكد.

لقد كان إعداد جدول زمني لإنجاز المشروع في المطلب السابق باستعمال أسلوب المسار الحرج يقوم على افتراض أن مدة إنجاز كل نشاط محددة مسبقاً بشكل مؤكد وكانت المدة الإجمالية لإنجاز المشروع تساوي مجموع أوقات تنفيذ الأنشطة التي

تقع على المسار الحرج دون أي انحراف معياري عنها؛ لكن وكما أشرنا افتراض كهذا يحدّ بعض الشيء من مدى ومجال تطبيق هذا الأسلوب في التخطيط والجدولة بحيث لا يؤخذ به إلاّ في حال تلك المشاريع التي ينطبق عليها ذاك الافتراض.

تخطيط وجدولة إنجاز المشاريع في حال عدم التأكد من أوقات تنفيذ الأنشطة يتم عن طريق استخدام أسلوب تقديم البرامج ومراجعتها (PERT) الذي ظهر بعد نحو عام ونصف فقط من ظهور أسلوب المسار الحرج وهو شبيه إلى حد بعيد به لولا أن ما يميزه عنه هو أنه يفترض أن مدة تنفيذ كل نشاط هي متغير عشوائي يتبع توزيعاً إحصائياً يُعرف بتوزيع "بيتا" "Distribution Bêta".

توزيع "بيتا" هو توزيع معرَّف على مجال محدد، ذو نهاية دنيا وأخرى عظمى ومنوال (أعلى قيمة للتوزيع) يمكن أن يقع في أي ناحية داخل دلك المجال؛ وبهذا نجد أن هذا النوع من التوزيع يأخذ جيداً بعنصر عدم التأكد في تقدير أوقات الأنشطة بمدة قصوى وأخرى دنيا وثالثة أكثر احتمالاً.



الشكل 32: منحنى التوزيع الإحصائي Bêta

1- تقدير الأوقات المتوقعة للأنشطة وتبايناتها:

اعتماداً على التوزيع الإحصائي المذكور، يستعمل أسلوب تقويم البرامج ومراجعتها ثلاثة تقديرات زمنية لكل نشاط في حساب توقع وقت إنجازه (المدة المتوقعة):

- التقدير المتفائل (a): وهو يعبِّر عن أقرب وقت ممكن لتنفيذ النشاط، أي أدنى مدة ممكنة للإنجاز وهذا في ظل ظروف عادية؛
- التقدير المتشائم (b): وهو يمثل أطول وقت لتنفيذ النشاط، أي الحد الأقصى من الوقت الذي يمكن أن يستغرقه النشاط، هذا النوع من التقدير يفترض أسوأ الظروف في العمل؛
- التقدير الأكثر احتمالا (m): وهو الوقت الذي يتم تقديره بناءاً على خبرة سابقة من جانب القائمين بتخطيط المشروع فيما يخص مشروعات سابقة مماثلة تم تنفيذها.[1] يقابل هذا التقدير قيمة المنوال في توزيع "بيتا".

انطلاقاً من هذه التقديرات الخاصة بالأوقات الثلاثة الممكنة لتنفيذ كل نشاط، يتم حساب توقع للفترة التي يأخذها كل نشاط، والتي ستأخذ على أساس أنها مدة النشاط، بناءا على المعادلة التالية:

$$t_e = \frac{a+4m+b}{6} \quad \leftarrow \text{المدة المتوقعة}$$

يلاحظ من هذه المعادلة أن كِلا التقديرين المتفائل والمتشائم للوقت لهما وزن ترجيحي واحد بينما التقدير الأكثر احتمالا للوقت له أربعة أضعاف ذلك الوزن الترجيحي، لذلك نقسم على 6 (مجموع الأوزان الترجيحية) للحصول على المتوسط المرجح te الذي يعبّر عن توقع مدة النشاط.

وبعد حساب المدة المتوقعة لكل نشاط بتلك الطريقة، نضعها على شبكة أعمال المشروع على أساس أنها هي المدة التي سيستغرقها النشاط، ثم نقوم بإعداد جدولة الوقت

[1]– د.احمد فهمي جلال، مرجع سابق، ص 148.

المبكر وجدولة الوقت المتأخر واستخلاص الهامش ومدة إنجاز المشروع تماما كما كان الشأن في أسلوب المسار الحرج.

مدة إنجاز المشروع المتوقعة T_E هي مجموع الأوقات المتوقعة لتنفيذ الأنشطة الحرجة: $T_E = \Sigma te_j$, pour j tâche sur le chemin critique

ويمكن حساب تباين كل نشاط و انحرافه المعياري كالآتي:

تباين النشاط ← $\sigma^2_{t_e} = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$

الانحراف المعياري للنشاط ← $\sigma_{t_e} = \frac{b-a}{6}$

أما الانحراف المعياري للمسار الحرج أي الانحراف المعياري عن المدة المتوقعة لإنجاز المشروع فيمكن حسابه بالمعادلة التالية:

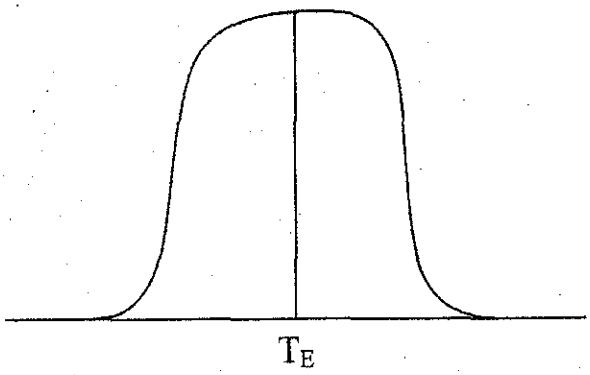
الانحراف المعياري لمدة انجاز المشروع ← $\sigma_{T_E} = \sqrt{\Sigma \sigma^2_{t_e}}$

بالنسبة للأنشطة الحرجة فقط: $\sigma^2_{t_e}$

2- تقدير احتمال انجاز المشروع في فترة معينة:

لتقدير احتمال تنفيذ المشروع في فترة معينة يُفترض أن فترات تنفيذ الأنشطة مستقلة، وبالتالي فإن مجموع فترات تنفيذ الأنشطة على المسار الحرج (وهي تساوي فترة تنفيذ المشروع) يقترب توزيعه من التوزيع الطبيعي بوسط حسابي يساوي مجموع الفترات المتوقعة لتنفيذ الأنشطة على المسار الحرج، وتباين يساوي مجموع تباينات هذه الفترات؛ ويعتمد ذلك على نظرية النزعة المركزية التي تشير إلى أن مجموع متغيرات عشوائية مستقلة تنتمي إلى توزيعات ذات أوساط حسابية وتباينات محددة، هذا المجموع يقترب توزيعه من التوزيع الطبيعي بوسط حسابي يساوي مجموع الأوساط الحسابية لهذه

التوزيعات، وتباين يساوي مجموع تبايناتها. ويمكن الاستفادة من ذلك في تقدير احتمال تنفيذ المشروع في فترة معينة وفي تقدير فترة تنفيذ المشروع المقابلة لاحتمال معين.[1]



الشكل 33: منحنى التوزيع الطبيعي.

T_E: الوقت المتوقع للمشروع.

لكي نحسب احتمال تنفيذ المشروع في وقت معين نطبق المعادلة التالية:

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sqrt{\Sigma \sigma_{t_e}^2}} \quad \text{بحيث:}$$

T_S: الوقت المستهدف (الفترة المستهدفة)؛

Z: عدد الانحرافات المعيارية عن الوسط في التوزيع الطبيعي، وهي تستعمل في حساب احتمال انجاز المشروع في وقت معين، أي احتمال الوصول إلى الوقت المستهدف باستعمال جدول التوزيع الطبيعي المعروف.

ولحساب فترة تنفيذ المشروع التي تقابل احتمالاً معيَّناً نستعمل ذات المعادلة في البحث عن T_S بينما يكون Z معروفاً.

[1]- د.ابراهيم أحمد مخلوف، التحليل الكمي في الادارة، جامعة الملك سعود، عمادة شؤون المكتبات، الطبعة الاولى 1995، ص 224-225.

3- ملخص أسلوب تقويم البرامج ومراجعتها في التحليل الشبكي:

يمكن إجمال مختلف المراحل المتعلقة بأسلوب تقويم البرامج ومراجعتها في التحليل الشبكي في خمس نقاط هي:[1]

1)- تقدير الأوقات الدنيا (المتفائلة)، القصوى (المتشائمة) والمحتملة بالنسبة لكل نشاط؛

2)- حساب المتوسط والتباين بالنسبة لكل نشاط باستعمال قانون "بيتا"؛

3)- تحديد المسار الحرج والأنشطة المكونة له باستعمال منهج أسلوب المسار الحرج CPM؛

4)- جمع متوسطات وتباينات كل الأنشطة المكونة للمسار الحرج لتحديد مدته المتوقعة وكذا انحرافه المعياري؛

5)- يتم اعتبار المدة الإجمالية للمشروع على أنها موزعة توزيعا طبيعيا بالمتوسط والانحراف المعياري المحصل عليهما في النقطة 4.

المطلب الثالث: تخطيط وجدولة الإنـــجاز الأمثل للمشاريع بتكلفة أمثل:

1- أهمية إدخال عنصر التكلفة في جدولة المشروع:

إن أهم العوامل التي تحدد فعالية الأداء في أي مشروع هو مقدار النفقات التي تتحملها الإدارة عند إنجاز كل نشاط من أنشطة المشروع للوصول للهدف النهائي، لذلك فإن إدخال عنصر التكلفة في تخطيط المشروع سيساعد الإدارة على مراقبة التكاليف بصورة دقيقة وفعّالة، حيث يتم تحديدها على أساس حساب تكلفة كل نشاط في المشروع على حدى ثم حساب تكلفة جميع الأنشطة التي تمثل المشروع كوحدة متكاملة. وبذلك فإن عملية تخطيط المشروع و مراقبته يتم في إطار موحّد يجمع بين

[1] - Claude Olivier, gestion de la production, Ecole de technologie supérieure, Université du Québec , 2002, p8.27.

الزمن والتكاليف ويعطي الإدارة صورة واضحة ودقيقة عن تقدم العمل وتمكينها من دراسة بدائل العمل وتقويم نتيجة كل بديل.[1]

ويتمثل القصد من وراء هذا المطلب في دراسة العلاقة القائمة بين أزمنة تنفيذ الأنشطة والمشروع ككل مع تكلفة ذلك، ويمكن توضيح مثل هذا الإشكال على النحو التالي: لغرض الظفر بإنجاز مشروع معين مطروح للمناقصة، قام فريق شركة معينة بإعداد خطة لإنجاز المشروع وتوصلوا إلى مدة متوقعة لإتمام المشروع وتسليمه ويقابل هذه المدة مستوى تكلفة معينة، غير انه تبين أن صاحب المناقصة يفرض أجل تسليم (أجل استحقاق) أقل من تلك المدة، فكيف يمكن العمل إذن لحيازة المشروع: تدنية المدة سوف يحمل تكاليف إضافية لأن ذلك يتطلب موارد أكثر و ماهي أمثل نقطة من جهة المدة ومن جهة التكاليف؟

2- أنواع التكاليف المرتبطة بالمشروع:

مثلما هو الشأن بالنسبة لباقي أنواع العمليات الإنتاجية، يمكن التمييز بين نوعين من التكاليف التي يتحملها إنجاز المشروع:

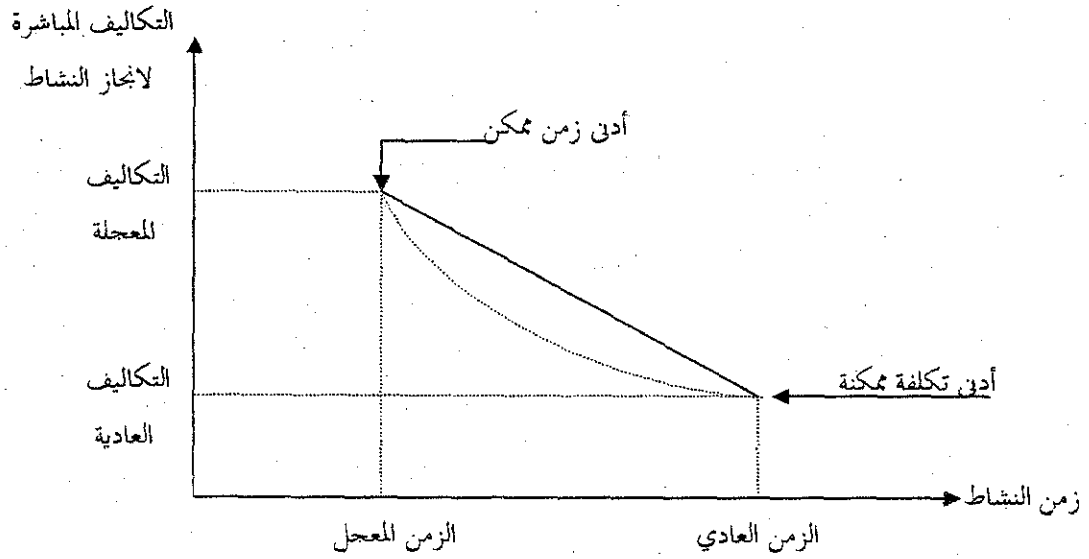
2-1 تكاليف مباشرة:

من تكاليف المواد الأولية واليد العاملة ومختلف التجهيزات...، يزداد هذا النوع من التكاليف كلما قلت مدة إنجاز النشاط؛

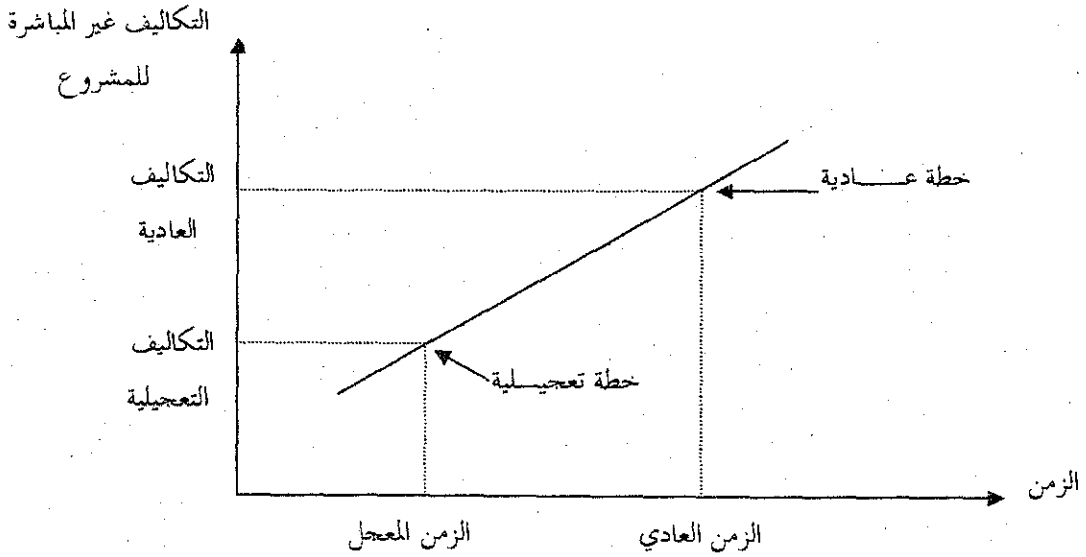
2-2 تكاليف غير مباشرة:

مختلف النفقات غير المباشرة المرتبطة لإنجاز المشروع كالمصاريف العامة وغيرها؛ هذا النوع من التكاليف يرتبط على العكس من سابقه طردياً بالزمن حيث ترتفع التكاليف غير مباشرة كلما زادت مدة إنجاز المشروع.

[1]- د. ابراهيم نائب، د.انعام باقية، مرجع سابق، ص 216.



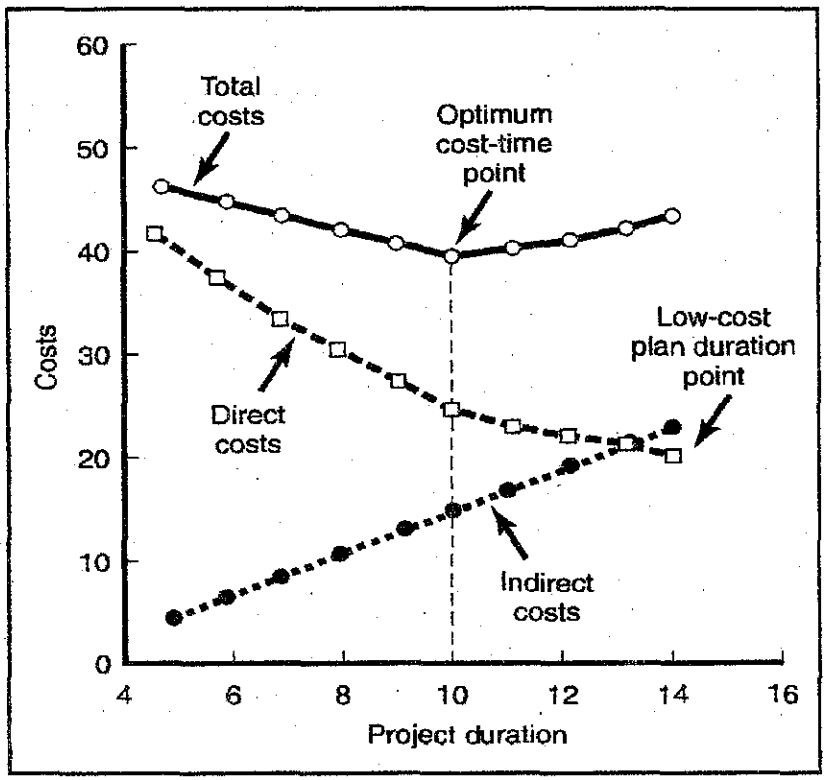
الشكل 34: العلاقة بين الزمن والتكاليف المباشرة لنشاط ما.



الشكل 35: العلاقة بين الزمن والتكاليف غير المباشرة للمشروع.

يبحث القائمين على إنجاز المشروع عن تلك النقطة من الزمن التي تقابلها أدنى تكلفة إجمالية ممكنة التي تعبِّر عن الوضع الأمثل إذ يتم النظر في آن واحد إلى ما تكلّفه التكاليف المباشرة نتيجة تعجيل بعض أنشطة المشروع، وما توفّره التكاليف غير المباشرة

نتيجة تدنية المدة الإجمالية لإنجاز المشروع. ويمكن التعبير عن هذا الوضع الأمثل بإدماج كلا التكاليف على منحنى واحد كما يبيِّنه الشكل التالي:



الشكل 36:منحنى الزمن– تكلفة للمشروع.

المصدر: Clifford F.Gray and Erik W.Larson, op. cit. p292.

3- خطوات تعجيل إنجاز المشروع:

يفترض تعجيل إنجاز المشروع معرفة مسبقة بمعطيات العملية وهي تتمثل في الزمن العادي لكل نشاط وتكلفته العادية (التكلفة المباشرة) إضافة إلى مقدار الزمن الذي يمكن تعجيل النشاط به معبرا عنه بوحدات زمنية، ويعرف هذا الزمن بالزمن المضغوط أو الزمن التعجيلي، وكذلك التكلفة التعجيلية (تكلفة الضغط) الناجمة عن تعجيل النشاط بوحدة زمنية واحدة.

إن تدنية المدة الإجمالية لإنجاز المشروع تعني العمل على تدنية طول المسار الحرج بمعنى أن تعجيل إنجاز المشروع يجب أن يمرّ عبر ضغط أزمنة الأنشطة الحرجة فقط، القابلة

للضغط طبعاً، على أن يتم اختيار أولاً النشاط الذي يكلّف أقل زيادة في التكاليف المباشرة (صاحب أقل تكلفة تعجيلية).

فإذا توفرت تلك المعطيات التي أشرنا إليها يمكن تعجيل إنجاز المشروع بإتباع الخطوات التالية:

1- إعداد شبكة أعمال (باستعمال أسلوب المسار الحرج أو تقويم البرامج ومراجعتها)؛

2- إعداد جدولة الوقت المبكر والوقت المتأخر حسبما رأينا؛

3- استخلاص مدة إنجاز المشروع من الخطوة الثانية، ونقول عن هذه المدة أنها المدة العادية؛

4- يمكن تدنية تلك المدة عن طريق تعجيل (ضغط أزمنة) تنفيذ بعض الأنشطة؛

5- يترتب على تعجيل تنفيذ بعض الأنشطة تكاليف مباشرة إضافية يتحملها المشروع؛

6- إذا كانت هذه التكاليف الإضافية أقل من الوفر في التكاليف غير المباشرة الناجم عن تدنية فترة المشروع، يتم ضغط مزيد من الأنشطة (القابلة للضغط) إلى أن نصل إلى النقطة التي تكون عندها التكاليف الكلية للمشروع أقل ما يمكن.

وتنبغي الإشارة إلى انه بعد كل عملية ضغط، أي بعد كل تدنية للمدة الإجمالية، نتحصل على جدولة جديدة ناسخة لسابقتها وقد يظهر مسار حرج جديد يجب أخذه هو كذلك بعين الاعتبار في عملية الضغط القادم، لأنه كما قلنا يجب أن يشمل الضغط الأنشطة الحرجة لأنها هي التي تحدد مدة إنجاز المشروع الإجمالية؛ونواصل عملية الضغط وتعجيل إنجاز المشروع بإتباع الخطوات السابقة إلى أن نصل إلى الزمن الذي يناسب أقل تكلفة ممكنة، أو إلى حين لم يعد بالإمكان مزيد من الضغط للأنشطة الحرجة أي إلى حين تصبح الأنشطة على المسار الحرج في أدنى زمن ممكن لها.

4- خوارزمية ضغط الأنشطة في الشبكات:

يتبيَّن من خلال العناصر السابقة كيف أن البحث عن الجدول الأمثل لتنفيذ المشروع بتكلفة مثلى كان يتمثل في القيام بضغط الأنشطة الحرجة، وقد تبدو مثل هذه العملية بسيطة وسهلة إذا لم يكن المشروع متكوِّناً إلاّ من عدد قليل من الأنشطة؛ غير أنها تصبح عملية صعبة ومعقدة إذا كنا أمام مشاريع ضخمة مكوَّنة من مئات الأنشطة التي يصعب التعامل معها ببساطة.

من هنا برزت الحاجة إلى إتباع طرق وأساليب علمية ذات فاعلية تتلاءم وطبيعة تلك المشاريع، من بين هذه الأساليب نجد خوارزمية "نائب وباقية"[1]، وهي خوارزمية حديثة تعالج مشكلة تدنية زمن إنجاز المشروع مهما كان حجمه بأقل زيادة ممكنة على تكاليف الإنجاز وفق خطوات معينة متسلسلة وقابلة للبرمجة على الحاسوب، ومحققة ثلاثة أهداف:

1- إمكانية ضغط الأزمنة الطبيعية للأنشطة في المشروع إلى الأزمنة المضغوطة للأنشطة (الزمن المضغوط للنشاط هو أدنى زمن ممكن لتنفيذ نشاط مقابل تحمل الإدارة بعض النفقات الإضافية لتنفيذه)؛

2- إمكانية الحصول على الزمن الأمثل لإنجاز المشروع بما يتوافق مع الميزانية المخصصة للمشروع؛

3- إمكانية الحصول على التكلفة المثلى لإنجاز المشروع بما يتوافق مع الفترة الزمنية المقترحة لتنفيذ المشروع.

[1]- نسبة إلى د.ابراهيم نائب وأنعام باقية، تفصيل هذه الخوارزمية وكيفية تطبيقها وبرمجها الحاسوبي موجود في مرجع المؤلفين الذي أوردناه سابقا، من ص220 إلى ص248.

خاتمـــة الفصل

تُغطي المشاريع جانباً مهماً في الحياة العملية و بخاصة إذا نظرنا إلى كل عمل أنه يُعبِّر في واقع أمره عن بذرة مشروع يراد إنجازه؛ من خلال هذا الفصل انصب اهتمامنا على محاولة تحقيق هدفين بموضوع واحد، أولهما جدولة أنشطة المشاريع الذي حوى الهدف الثاني المتمثل في إبراز أدوات التحليل الشبكي التي تعد من الأدوات و الأساليب الفاعلة في جدولة الإنتاج و العمليات حتى على المدى القصير.

خلاصة الفصل

يعبِّر المشروع عن مجموعة من الأنشطة المترابطة فيما بينها بهدف إنتاج شيء معين يتصف بالوحدوية و التميز لتلبية رغبة معينة، طبيعة المشروع والعدد الكبير للأنشطة المكوِّنة له يقتضيان تجنيد أهم موارد المنظمة خلال فترة زمنية طويلة في الغالب مما يستوجب تنظيماً خاصاً به؛ أشهر أنماط التنظيم في هذا الصدد يمكن أن تجعل من المشروع حصة من التنظيم الحالي أو مستقلاً بذاته أو أخيراً مزيجاً بين هاتين الحالتين، كما أن صبغة المشروع و تعدد الأطراف المتدخلة فيه يقتضيان تحديداً و تعريفاً دقيقين لمختلف المهام و ذلك بتجزئة المشروع إلى أنشطة جزئية يمكن التعامل معها و التحكم فيها و جدولتها و يتسنى ذلك من خلال المخطط التقني للأعمال أو المخطط التقني للمنتجات أو مخطط الهيكل التنظيمي للمنظمة.

جدولة أنشطة المشروع تتم من خلال أشهر الأساليب في هذا الخصوص التي تعرف بأدوات التحليل الشبكي، أسلوب المسار الحرج و أسلوب تقويم البرامج و مراجعتها؛ و يتم التمييز هنا بين جدولة المشاريع في حال تأكد أين تكون أوقات الأنشطة متأكداً منها و جدولة المشاريع في حال عدم التأكد أين يتم تقدير الأوقات المتوقعة للأنشطة و تباينها إعتماداً على توزيع "Bêta" الإحصائي و تقدير إحتمال إنجاز الشروع في فترة معينة بإستعمال التوزيع الإحصائي الطبيعي.

تعجيل إنجاز المشروع يتم من خلال ضغط أزمنة الأنشطة الحرجة وفق خطوات معينة بغرض تحديد الجدولة الأمثل من ناحية الزمن و من ناحية التكلفة لإنجاز المشروع.

كلمات مفاتيح خاصة بالفصل:

جدولة المشاريع، أسلوب المسار الحرج(CPM)، أسلوب تقييم البرامج و مراجعتها(PERT).

الفصل الرابع:

دراسة حالة "الشركة الصناعية للإتصالات السلكية و اللاسلكية".

بعد دراستنا لموضوع جدولة الإنتاج و العمليات من جانب نظري تبين لنا أنّ الموضوع ينطوي على جوانب عدَّة في بالغ الأهمية تجعل منه بحق موضوعاً يستوجب الإهتمام و الدراسة و البحث، لكن مَا محل الموضوع من واقع منظماتنا الصناعية؟ بعبارة أخرى كيف تتم جدولة الإنتاج و العمليات داخل المنظمة الصناعية؟ و كيف تطرح؟

نحاول في هذا الفصل الرابع و الأخير من هذا العمل تسليط الضوء قدر الإمكان على مثل تلك الأسئلة مع الأخذ كنموذج " الشركة الصناعية للإتصالات السلكية و اللاسلكية" و إن كانت نتائج هذا التقصي و مشاهداته لا يمكن تعميمها على مختلف المنظمات الصناعية المنتشرة في ربوع هذا الوطن، حيث أن لكلٍّ منها ظروفه و معطياته و واقعه الخاص به.

و لم يكن إختيارنا لتلك الشركة وليداً للصدفة بل كان بدفع دافع، لعلنا نُلخِّص أهم نقاطه فيما يلي:

- النشاط الصناعي للشركة؛
- الدور الريادي للشركة في القطاع الصناعي؛
- الدقة و الإتقان في العمل و التنظيم الجيِّد لدى الشركة؛
- إعتماد الشركة على أساليب حديثة في إدارة إنتاجها؛

يُضاف إلى ذالك:

- دروب الشركة على استقبال الطلبة من مختلف التخصصات؛
- المساعدة الفعالة و الإستقبال الجيِّد الذي لاقيناه من أوَّل لقاء؛
- أنْ ليس للشركة ما تخفيه على الطالب، بل كانوا هم السبَّاقين في تزويدنا بالمعلومات.

و بذات المنهج الذي إتبعناه في الفصول السابقة و بعد استكمال هذه الدراسة التطبيقية بدى لنا تقسيمها إلى جزئين رئيسيين: مبحث أول عرفنا فيه بالشركة و تنظيمها و نظام عملها و مراحل معالجة الطلبية بها، و مبحث ثاني خُصِّص لدراسة جدولة الإنتاج و العمليات و تسيير الأوامر الإنتاجية بالشركة.

المبحث الأول: لمحة عن الشركة الصناعية للاتصالات السلكية واللاسلكية:

المطلب الأول: التعريف بالشركة و تنظيمها:

1-نشأة الشركة:

لقد وضعت وزارة البريد والمواصلات برنامجاً في بداية الثمانينات لغرض تطوير و توسيع استعمال المجال الهاتفي:لتحقيق هذا البرنامج تم إنشاء مصنع الإنتاج المراكز الهاتفية العامة الرقمية والاستغناء عن النظام الكهرومكانكي الذي كان مستعملاً من قبل المؤسسة الوطنية للإتصالات السِّلكية واللاسِّلكية ENTC وتم إنشاء هذا المصنع في مكان مجمَّع هذه الأخيرة بقدرة إنتاجية تقدر ب 200 000 خط هاتفي سنوياً وهذا بشراكة أجنبية في إطار شركة اقتصادية مختلطة S.A.E.M.

هذه الشراكة كانت ثمرة اهتمام ترجع إلى سنة 1988 بين وزارة الصناعات الثقيلة و وزارة البريد والموصلات لوضع اتفاقية بين الجزائر و السويد في إطار التعاون ما بين الحكومتين، و على هذا الأساس تم إمضاء في 24 مارس 1987 برتوكول اتفاق لخلق شركة اقتصادية مختلطة بين المؤسسة الوطنية للمواصلات السلكية و اللاسلكية ENTC ومجموعة ERICSSON السويدية، تعمل على إنتاج معدات الاتصال الرقمية في الجزائر و حملت اسم "الشركة الجزائرية الصناعية للإتصالات السلكية واللاسلكية" (ستال).

2-رأس مال الشركة :

لقد كان رأس مال الشركة حين تأسيسها في 12 أبريل 1988 يقدر ب 50 مليون دينار، وكان يضم هذا الرأسمال الاجتماعي في الأصل أربعة مساهمين تتوزع حصصهم كالآتي:

- المؤسسة الوطنية للإتصالات السلكية و اللاسلكية ENTC،40%.
- المؤسسة الوطنية لأشغال هياكل المواصلات SONATITE:15%،
- البنك الخارجي الجزائري BEA، 10%
- مجموعة ERICSSON 35 %

بعدها ارتفع رأس مال الشركة الاجتماعي في أواسط التسعينات ليصبح في عتبة المائة مليون دينار ثمّ ليتضاعف بعد ذلك بنحو أربعة مرات ليجاوز 400 مليون دينار في سنة 2001.

هذا الارتفاع في رأس مال الشركة سمح بانضمام مساهم جديد آخر يتمثل في الشركة القابضة للكهرباء والإلكترونيك و الإعلام الآلي و المواصلات HEELIT ليصبح توزيع الحصص الجديد على المقاس التالي:

- المؤسسة الوطنية للإتصالات السلكية و اللاسلكية20%
- الشركة القابضة للكهرباء والإلكترونيك والإعلام الآلي :20%
- المؤسسة الوطنية الأشغال هياكل المواصلات 15%
- البنك الخارجي الجزائري 10 %
- مجموعة اريكسون السويدية :35%

و في سنة 2004 تغير الوضع القانوني للشركة حيث أصبحت شركة ذات أسهم SPA بدلاً من شركة بأسهم اقتصادية مختلطة.

3-الموقع الجغرافي ل " سيتال ":

تقع الشركة الصناعية الجزائرية للإتصالات السلكية و اللاسلكية (سيتال) بالمنطقة الصناعية بشتوان ولاية تلمسان؛ و هي تتربع على مساحة إجمالية قدرها 5000م^2 مجزأةً على النحو التالي:

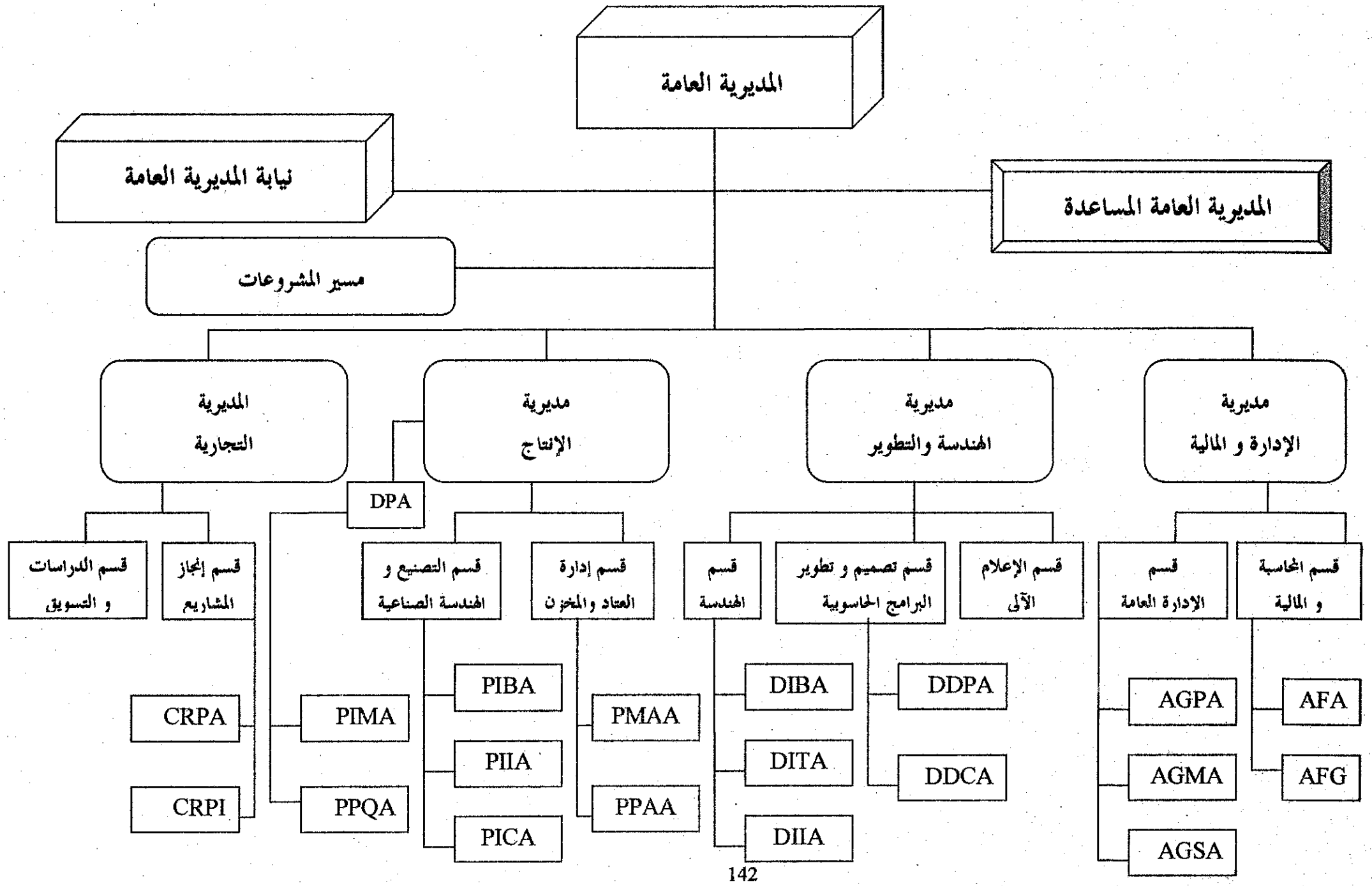
- قسم الإنتاج .....3000م^2
- منطقة التخزين.....700م^2
- قسم الإعلام الآلي (عصب تدفق المعلومات داخل الشركة) .....1000م^2
- المنطقة الإدارية.....300م^2

4-نشاط الشركة:

لقد بدأت الشركة نشاطها الفعلي في مارس 1990 ليشهد تاريخ التاسع و العشرين ديسمبر من السنة اللاحقة (1991/12/29) ميلاد أوّل مركز هاتفي أنتجته الشركة و بطاقةٍ أوليّة قدّرت آنذاك ب 50.000 خط هاتفي في السنة، في حين أنها تبلغ اليوم 200.000خط سنويا و ممكن أن نتصل إلى غاية 600.000خط في السنة.

و يعتبر المنتوج AXE-10 المنتوج الرئيسي للشركة والذي يعبِّر عن تكنولوجيا رقمية عالية تقوم على ترقيم الاتصالات أي تقسيمها إلى وحدات ثانوية ليتم معالجتها عن طريق الحاسوب ثم ترجمتها إلى رموز لغوية.

5-تنظيم الشركة:



الشكل 37:الهيكل التنظيمي لشركة الإتصالات السلكية واللاسلكية.

المصدر: إدارة الشركة.

5-1- المديرية العامة:

وهي تضم مجلس إدارة تحت رئاسة المدير العام للشركة؛ يقع على عاتق المديرية العامة تحديد الخطط و الاستراتيجيات التي يتعين على الشركة إتباعها و يساعدها في ذالك نيابة المديرية العامة التي تقع تحت إشراف نائب مدير عام سويدي يساعد في وضع تكنولوجيا المنتوج؛ و كذلك مدير المشاريع الذي يترأس مجموعة أفراد تتولى بحث و إعداد فرص مشاريع جديدة في ظّل التحولات الجارية على ساحة ميدان الاتصالات كضرورة الأخذ بعين الاعتبار كذلك فرص إنتاج الهواتف المحمولة؛ بالإضافة إلى مديرية مساعدة تهتم بضمان جودة المنتوج من طبيعته الخام إلى غاية تسليمه للزبون.

5-2-المديرية التجارية:

تمثل المديرية التجارية حلقة الربط بين الشركة و زبونها الوحيد لحد الآن المتمثل في مصالح البريد و الموصلات؛أو بالأحرى " بريد الجزائر" كما أصبحت تعرف الآن؛ تعمل هذه المديرية على دراسة فرص إجابة الصفقات المطروحة من قبل الزبون في إطار مناقصة و ضمن دفتر الشروط محدد و بذلك فهي تحدِّد رقم أعمال الشركة خلال السنة.

تتفرع المديرية التجارية إلى قسمين:

- قسم الدراسات و التسويق؛
- قسم انجاز المشاريع الذي يشتمل بدوره على مصلحتي الإنجاز CRPA و التنصيب CRPI.

5-3- مديرية الإنتاج:

نشاطها الرئيسي يتمثل في إنتاج منتوج الشركة AXE-10 حسب المقاييس والموصفات الموضوعة، تشمل مديرية الإنتاج:

- مديرية إنتاج مساعدة تسهر على ضمان جودة المنتوج بمراقبة و إجراء الفحوصات عليه إضافة إلى صيانة مختلف أجهزة الإنتاج، فهي بهذا تنطوي على مصلحتين:

- PIMAمصلحة الصيانة؛
- PPQA مصلحة الجودة.

- قسم التصنع و الهندسة الصناعية :

مهمته تحديد طرق الإنتاج و أوقات العمليات الداخلة في الانجاز (la gamme de fabrication)؛ تدخل تحت هذا القسم ثلاثة مصالح هي:

- مصلحة الألواح و السلات الهاتفية (S. cartes et paniers) PIBA؛
- مصلحة الهندسة الصناعية PIIA التي توفّر الدعم التقني لـــ PIBA و PICA؛
- مصلحة الأسلاك و الخزانات (S. câbles et armoires) PICA.

- قسم تسيير المواد و المخازن:

يتمثل دور هذا القسم في استقبال المواد المطلوبة من الشركة و مراقبة نوعيتها و جودتها و التخطيط و تسيير المخزون؛ يتضمن هذا القسم:

- مصلحة المشتريات و الإستقبال:PMMA؛
- مصلحة التخطيط و المخازن:PMPA ؛

5-4-مديرية الهندسة و التطوير:

تنقسم هذه المديرية إلى ثلاث أقسام :

- قسم الهندسة المسؤول عن هندسة تنصيب المحطات الهاتفية و تجريبها و نقل معطيات التشغيل الخاصة إلى الزبون؛ يتفرع هذا القسم إلى المصالح الآتية:
  - مصلحة الوثائق و المكتبة DIBA؛
  - مصلحة نقل المعطيات DITA؛
  - مصلحة هندسة المحطات الهاتفية DIIA.
- قسم تصميم و تطوير البرامج الحاسوبية يعمل على تصميم و تطوير البرامج الحاسوبية و اختبار اللوائح الهاتفية و هو قسمان:
  - مصلحة الاختبار DDPA؛

- مصلحة التصميم و التطوير DDCA.

- قسم الإعلام الآلي المعِين الرئيسي لكافة الأقسام و المصالح.

5-5- مديرية الإدارة و المالية :

و هي قسمان:

- قسم الإدارة العامة: الذي يهتم بتسيير الموارد البشرية الخاصة بالشركة و توظيف الأفراد و تكوين المستخدمين، فهو يهتم إذن بالجانب الإداري و التشريعي للشركة و يتجزأ إلى المصالح التالية:
  - مصلحة تسير الموارد البشرية AGPA؛
  - مصلحة الوسائل العامة AGMA؛
  - مصلحة الأمن الوقائي AGSA؛

- قسم المالية و المحاسبة: دوره تسير الوضعية المالية و المحاسبية للشركة من خلال المحاسبة العامة و التحليلية و التحليل المالي و تسير خزينة الشركة؛ يتضمن هذا القسم:
  - مصلحة التحليل المالي و المحاسبة التحليلية AFAA؛
  - مصلحة الخزينة و المحاسبة العامة AFGA.

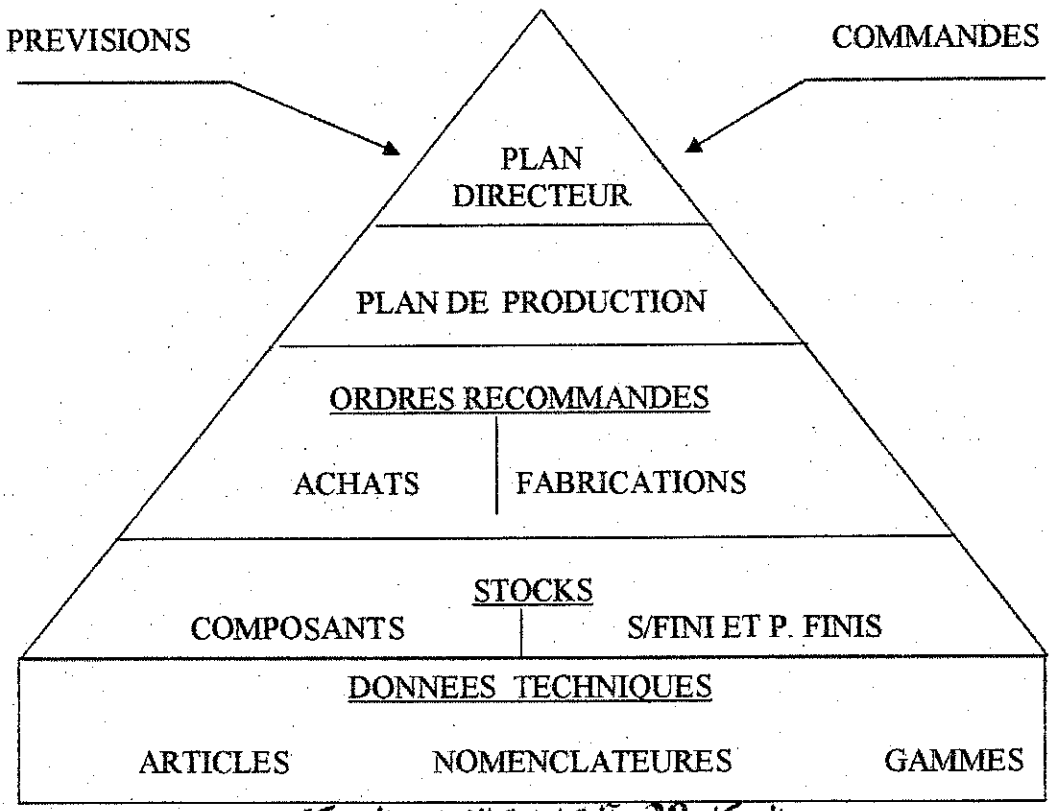
المطلب الثاني: نظام عمل الشركة و إدارة الإنتاج بها:

تعتمد الشركة الصناعية للاتصالات السلكية و اللاسلكية (سيتال) في تسيير شؤونها على نظام إدارة إنتاج باستعمال الحاسب الآلي "Gestion de la Production Assistée par Ordinateur" وذلك استناداً إلى برنامج حاسوبي (حبكة إعلامية) logiciel يعرف بـــ TOLAS فما هي غاية هذا البرنامج الحاسوبي و كيف تتم إدارة الإنتاج و الشركة ككل عن طريقه؟

1- البرنامج TOLAS :

"TOLAS" هو عبارة عن برنامج حاسوبي صُمِّم لغرض إدارة النشاط الإنتاجي لأي مؤسسة صناعية تعتمد على الإعلام الآلي في إدارة نشاطها اليومي، و هو يعمل بصفة دائمة و مستمرة و في الوقت الحقيقي و بتفاعل كلّي مما يتيح للمؤسسة المستعملة تسييراً آنياً لنشاطاتها حيث انه يعطي كافة المعلومات الضرورية لتخطيط و تحليل و مراقبة النشاط الإنتاجي لمؤسسة ما.

و يوضح الشكل التالي نظام تسيير الإنتاج باستعمال الحاسوب الآلي GPAO ممثلاً على هرم البرنامج TOLAS:



الشكل 38: آلية إدارة الإنتاج بالشركة.

المصدر: وثائق محصل عليها من الشركة.

برنامج TOLAS هو منصَّب في قسم الإعلام الآلي الخاص بشركة " سيتال "و مثبَّت في موزعين اثنين (Deux serveurs TOLAS "VAX")متَّصلين مع بعضيهما البعض بسلك

محوري مشترك و لكل واحد منهما 16 نهاية (16 terminaux) مقسمة على مختلف أقسام و مصالح الشركة.

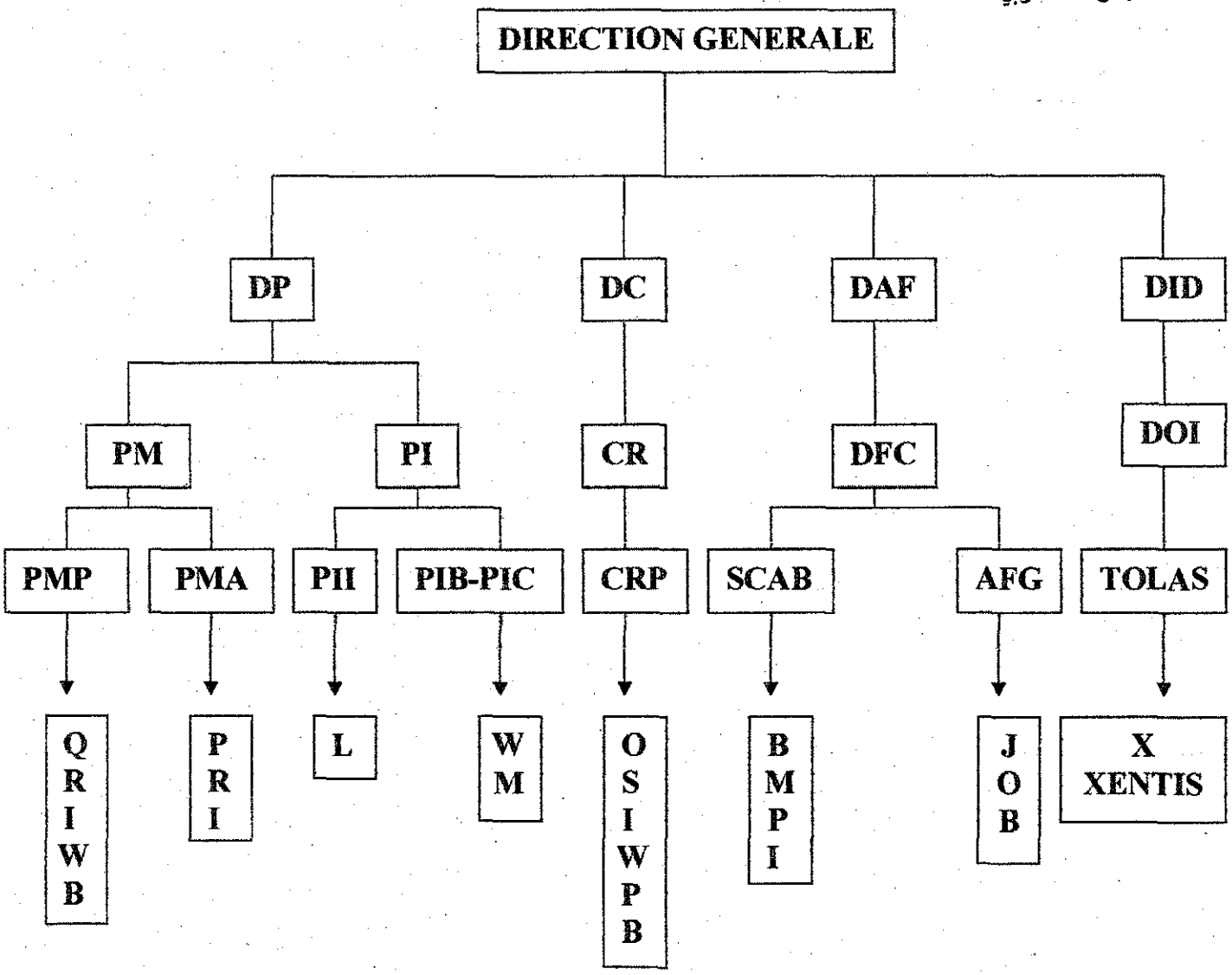
لاستعمال برنامج TOLAS نجد كل موزع (VAX) يتصل بشبكة تربط كل الأجهزة الحاسوبية للشركة بالموزّع، الأمر الذي يُعطي إمكانية الدخول إلى البرنامج انطلاقاً من أي جهاز كان.

يحتوي برنامج TOLAS، الذي تمتلك الشركة الصناعية للاتصالات السلكية و اللاسلكية النسخة 5.0 منه، على تسعة مقاييس رئيسية يضاف إليها مقياسين آخرين يتعلق الأول بتسيير الملفات في حين يهتم الثاني بإعداد الوضعيات و الحالات حسب الفترة الزمنية المرغوبة:

- I المخزون؛
- B المدونات؛
- L تشكيلة (طريقة) التصنيع؛
- P المشتريات؛
- W متابعة الأوامر الإنتاجية؛
- M متابعة تكاليف الإنتاج؛
- R حساب الاحتياجات؛
- Q المخطط الإجمالي/ إدارة الأعباء؛
- J المحاسبة العامة؛
- X مسير الملفات؛
- XENTIS مولد الوضعيات.

لكل مقياس من هذه المقاييس مجموعة من الوظائف و العمليات التي يقوم بها، وللإشارة فان الدخول إلى برنامج TOLAS لا يمكن أن يكون إلا باسم مستخدم و كلمة سر خاصين بالمستعمل بشكل يتيح له إمكانية الدخول إلى الوظائف و العمليات الخاصة بمهمته الوظيفية و يكون هذا بواسطة شاشات نهاية (Terminaux écrans) متواجدة في مختلف هياكل الشركة.

يوضّح الشكل التالي كيفية توزيع استعمال مقاييس برنامج TOLAS على تنظيم الشركة " سيتال "، فيما يعكس الشكل اللاحق له صورة عن واجهة هذا البرنامج على أي جهاز حاسوبي.



الشكل 39: توزيع استعمال مقاييس برنامج TOLAS على تنظيم الشركة.
المصدر: وثائق محصل عليها من الشركة.

```
----------TOLAS PRODUCTION ----------
MENU GENERAL
-------------------------------------------------------------------------------
*** GESTION DE PRODUCTION ***
I...STOCKS
P...ACHAT
B...NOMENCLATURE
L...GAMMES DE FABRICATION
E...NOMENCALURES DE BUREAU D'ETUDE
W...SUIVI DES GRADES DE FABRICATION
H...SUIVIE DE FAB. REPETITTIVE (R/FLX)
M...SUIVI DES COUTS DE PRODUCTION
R...PLANIFICATION DES BESOINS
Q...PLAN DIRECTEUR/GESTION CHARGES
C...SUIVI D'ATELIER PAR CODE A BARRES
F...GESTION A L'AFFAIRE
T...GESTION DES TEMPS DE PRESENCE

***GESTION DE COMMERCIALE ***
O...GESTION DES COMMANDES CLIENTS
S...ANALYSE DES VENTES
K...CONFIGURATEUR

*** GESTION FINANCIERE ***
G...COMPTABILITE FOURNISSEUR
    COMPTABILITE CLIENTS
    COMPTABILITE BUDGETAIRE
    COMPTABILITE GENERALE

J...INTERFACE COMPTABILITE UNIVERSELE

***UTILITAIRES***
X...GESTIONNAIRE DES FICHIERS
FIS...GENERATEUR D'ETATS FIS
U...TABLEAUX DE BORD
XEN...GENERATEUR D'ETATS XENTIS
-------------------------------------------------------------------------------
ENTRER LA SELECTION DESIREE:
----------BASE:REEL.60----------
```

الشكل 40: واجهة برنامج TOLAS.

2- المعطيات التقنية:

تمثل المعطيات التقنية قاعدة العملية الإنتاجية و نشاط الشركة ككل كما يوضحه الشكل الهرمي السابق، و في واقع الأمر تعد تلك المعطيات أساس أي عملية إنتاجية بالنسبة لأي مؤسسة أو شركة أخرى، إذ أنه لابد من معرفة:

◊ مادة المنتوج (articles):

و يقصد بها كل جزء مكوِّن للمنتوج؛ يمكن ملف المواد من الإطلاع على كافة المواد (الأجزاء) المسيرة من قبل الشركة (منتجات نهائية، مكونات، مادة أولية...) و يمكن مراقبة وجود أي جزء من عدمه داخل الشركة بالدخول إلى ذلك الملف باستعمال

برنامج TOLAS؛وتعتبر مصلحة التخطيط الجهة الوحيدة المخولة لإنشاء جزء (article) جديد أو تحديث آخر موجود سلفاً في الملف الذي يرمز له داخل الشركة سيتال بـ "ZZIPMS".

لخلق أو تغيير أو حذف أي جزء معين يجب توفر بعض المعلومات لدى مصلحة التخطيط تشترك كل الجهات المعنية بهذه العملية في إرسالها إلى المصلحة المذكورة بالشكل الذي يكوّن في الأخير ملفاً كاملاً مؤشراً عليه من طرف تلك الجهات يتضمن المعطيات التقنية الضرورية لتسير الجزء المعني.

نذكر من بين هذه المعطيات ما هو أساسي منها و بصفة موجزة:

- رمز المادة: ترقيم مرجعي خاص بكل مادة مكوَّن من 15 حرفا على أقصى تقدير و يتم ذلك على حسب ما تمليه مبادئ ERICSON؛
- وحدة قياس داخلية لتسيير المادة؛
- وحدة شراء خارجية مرفقة مع شراء المادة ؛
- رمز فصيلة المنتوج: لتجميع جميع المواد المنتمية لنفس خط الإنتاج؛
- رمز فصيلة الشراء: لتصنيف المواد حسب طبيعتها الشرائية:بلاستيك، إلكترونيك، مكانيك، الأسلاك،.....؛
- رمز المصدر: لتحديد نمط المادة (جزء مشترى، مادة أولية مشتراة....)؛
- رمز النشاط لتحديد وضعية المادة، هل لا تزال مستعملة أم تم تعويضها بأخرى أم تم توقيفها مؤقتاً؛
- الرمز ABCالمستعمل في الجرد؛
- معطيات أخرى ككمية التموين ودورته و نسبة العيب في ذلك و رقم المخزن الموجودة فيه المادة و غيرها.

◊ المدوِّنة Nomenclature:

وهي عبارة عن تقسيم و تجزئة المنتوج إلى عدة مستويات تعكس مراحل إنتاجه و الأجزاء الضرورية للإنجاز عند كل مستوى و على حسب ما تقتضيه طبيعة المنتوج

والكمية المراد إنتاجها. الانتقال من مستوى أعلى إلى مستوى أسفل يعطينا كافة المواد اللازمة لإنجاز المرحلة العليا في حين يوضح الانتقال من الأسفل إلى الأعلى عملية إنتاج المنتوج؛ و يمكن التميز بين نوعين من المدونة:

- مدونة إنتاج تقوم على تجزئة متتالية للمنتوج النهائي و المجموعات الفرعية المكوِّنة له و هي كالتي ذكرنا؛ أو:
- مدونة تخطيط و هي تحمل نظرة أكثر شمولية من السابقة حيث تقوم على تجميع عدة منتجات نهائية تحت مجموعة واحدة من نفس الفصيلة تُستعمل في تخطيط الإنتاج.

لإضافة مدوِّنة جديدة في ملف المدوِّنات الذي يُرمز له بـــ "ZZBPSS" على برنامج TOLAS تستلم مصلحة التخطيط الوثيقة 32 131 من مصلحة الهندسة الصناعية (PII) إذا تعلق الأمر بعملية تصنيع، أو الوثيقة 344 من المديرية التجارية بالنسبة لعتاد التنصيب؛ إضافة إلى ملف يحمل مصادقة و تأشير مختلف المصالح المعنية و المعطيات الضرورية لذلك، و الذي يعرف ب "intervention sur données TOLAS".

كذلك يمكن الدخول إلى ملف المدوِّنات بقصد تغيير في بعض المعطيات بعد موافقة جميع المصالح المعنية التي توقع الملف المرفق الذي يسمح بذلك، أو حذف مدوِّنة أو ربط مدوِّنة من ملف المدوِّنات على البرنامج بعد التأكد من أن ليس هناك من لا يزال يستعملها.

◊ تشكيلية التصنيع la gamme de fabrication:

سبق تعريفها في الجزء النظري على أنها تتابع مجموعة العمليات الداخلة في عملية إنجاز المنتوج النهائي أو مرحلة منه و تتميز كل عملية بمدة زمنية معينة.

لكل تشكيلية تصنيع رمز خاص بها و يمكن أن تتعلق بمكوِّن واحد (un seul article) أو عدة مكوِّنات كما يمكن أن يكون للمكوِّن تشكيلية تصنيع واحدة أو عدة تشكيلات تصنيع؛ و يسهم كل من زمن العملية و المعدل الساعي لليد العاملة و نسبة أعباء هذه الأخيرة من مركز الأعباء (% de charge MO du poste de charge) في تقيم العملية المعنية.

بالنسبة لشركة الاتصالات السلكية و اللاسلكية (سيتال) فانه لا يتم الأخذ بعين الاعتبار إلاّ أزمنة الأيدي العاملة و الإعداد في تقييم عملية ما، أما باقي الأوقات من أوقات الانتظار، والآلات،و التحويل فأنها تأخذ بعين الاعتبار، إضافة إلى الوقتين السابقين،في عملية البرمجة (Jalonnement)؛ ويستدعي إنشاء تشكيلة تصنيع معينة معرفة مسبقة بمراكز الأعباء (Postes de charges) التي ستخصص عليها العمليات و كذلك رموز هذه العمليات ثم تأتي بعدها عملية حجز تشكيلة التصنيع على برنامج TOLAS وهي العملية التي تعد من اختصاص مصلحة الهندسة الصناعية بعد مصادقة المصالح الأخرى المعنية بهذه العملية.

وتتلخص أهم المعطيات التي يمكن ملاحظتها على تشكيلة التصنيع بالشركة في النقاط التالية:

- رمز التشكيلة: لمعرفة تشكيلة التصنيع،و يمكن التميز هنا بين نوعين من تشكيلات التصنيع داخل الشركة:

أ- تشكيلات تصنيع معيارية standards "S" تستعمل في حساب التكاليف المعيارية، يكون رمزها هو نفس رمز المكوّن (article) المتعلقة به؛

ب- تشكيلات تصنيع من النمط "1" (type1) :و هي تشكيلة موجزة تضم مجمع العمليات و تستعمل في إطلاق الأوامر الإنتاجية،في هذه الحال يتم استبدال الحرف "R" الخاص بالرمز المراجع للمكوّن بالحرف "E".

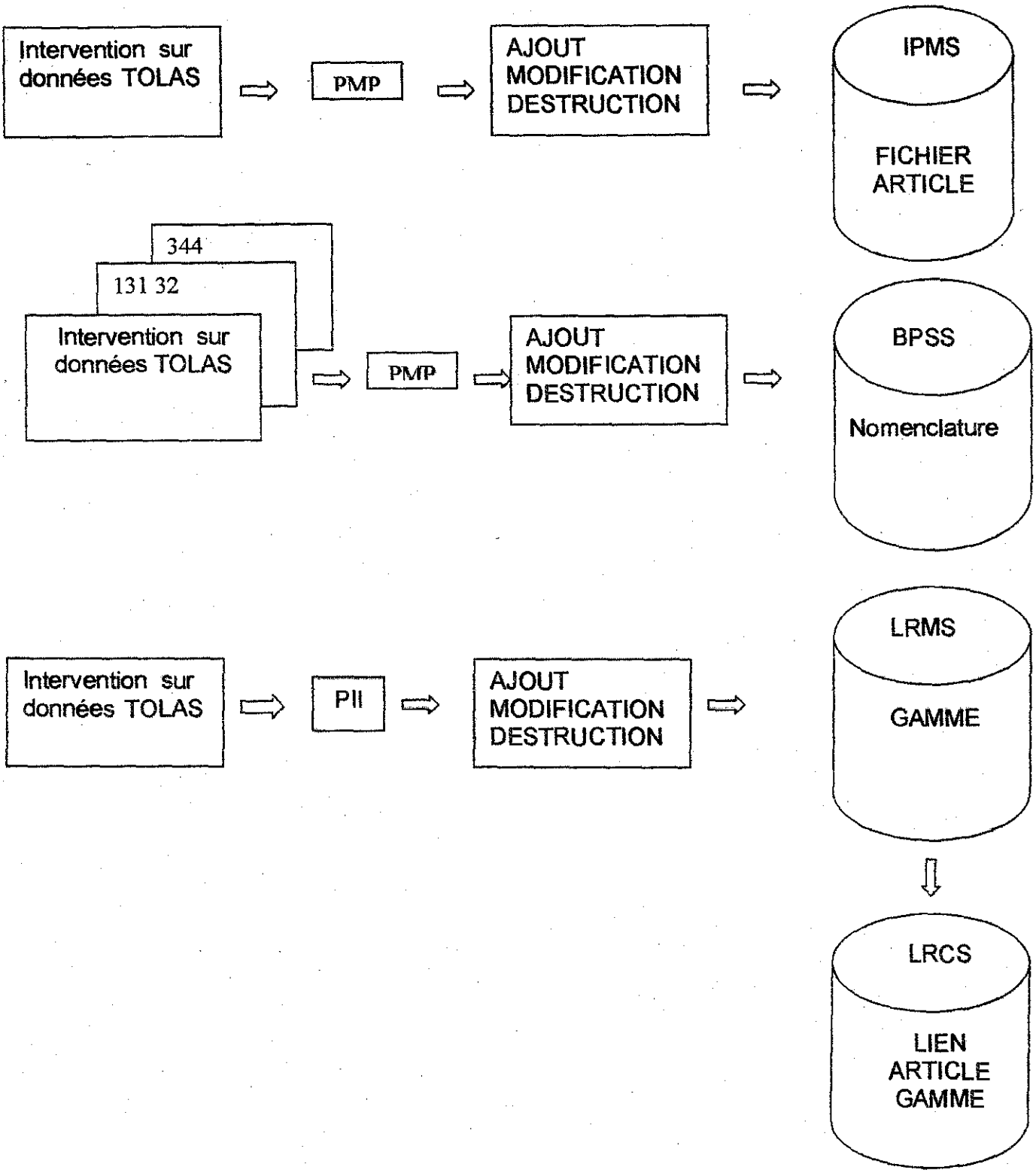
- أرقام العمليات: أي رقم تسلسل العمليات الداخلة في الإنجاز؛بالنسبة لـــ "سيتال"نجد كل التشكيلات تبدأ بالعملية 10 التي تعني تجميع جميع المواد و الأجزاء الضرورية في عملية الانجاز؛ففي هذه الحال يكون المنتوج مفكّكاً إلى

أجزاء حاضرةٌ كلُّها (Kit)؛ في حين تدل العملية رقم 900 على دخول المنتوج إلى المخزن، فهي بذلك آخر عملية تتضمنها أي تشكيلة تصنيع.

- رمز مركز الأعباء أين ستجرى العملية؛
- قياس الحصة الواجب إنتاجها Taille du lot: و هي الكمية الاقتصادية التي يتعين الشروع في تصنيعها.
- زمن إعداد مراكز العمل قبل البدء في إنجاز حصة معينة (Temps prep/lot) ويُستعمل هذا الزمن في حساب الوقت الإجمالي و تقييم المنتوج؛
- زمن استعمال مركز الأعباء بالنسبة لكل مكوِّن (article): وهو الزمن الذي يستعمل في برمجة العمليات Jalonnement؛
- زمن تحويل الحصة من عملية إلى عملية لاحقة.

أخيراً يمكن إحداث تغيير في أي تشكيلة تصنيع بإضافة عملية جديدة أو تعديل محتوى عملية موجودة أو حذفها، أو حذف التشكيلة كليةً بعد التأكد من أنها لم تعد لها أي علاقة مع أي مكوِّن كان.

يوضح الشكل التالي رسماً بيانياً يعكس خلاصة لمختلف التدخلات الممكنة في تلك المعطيات الثلاثة الأساسية:

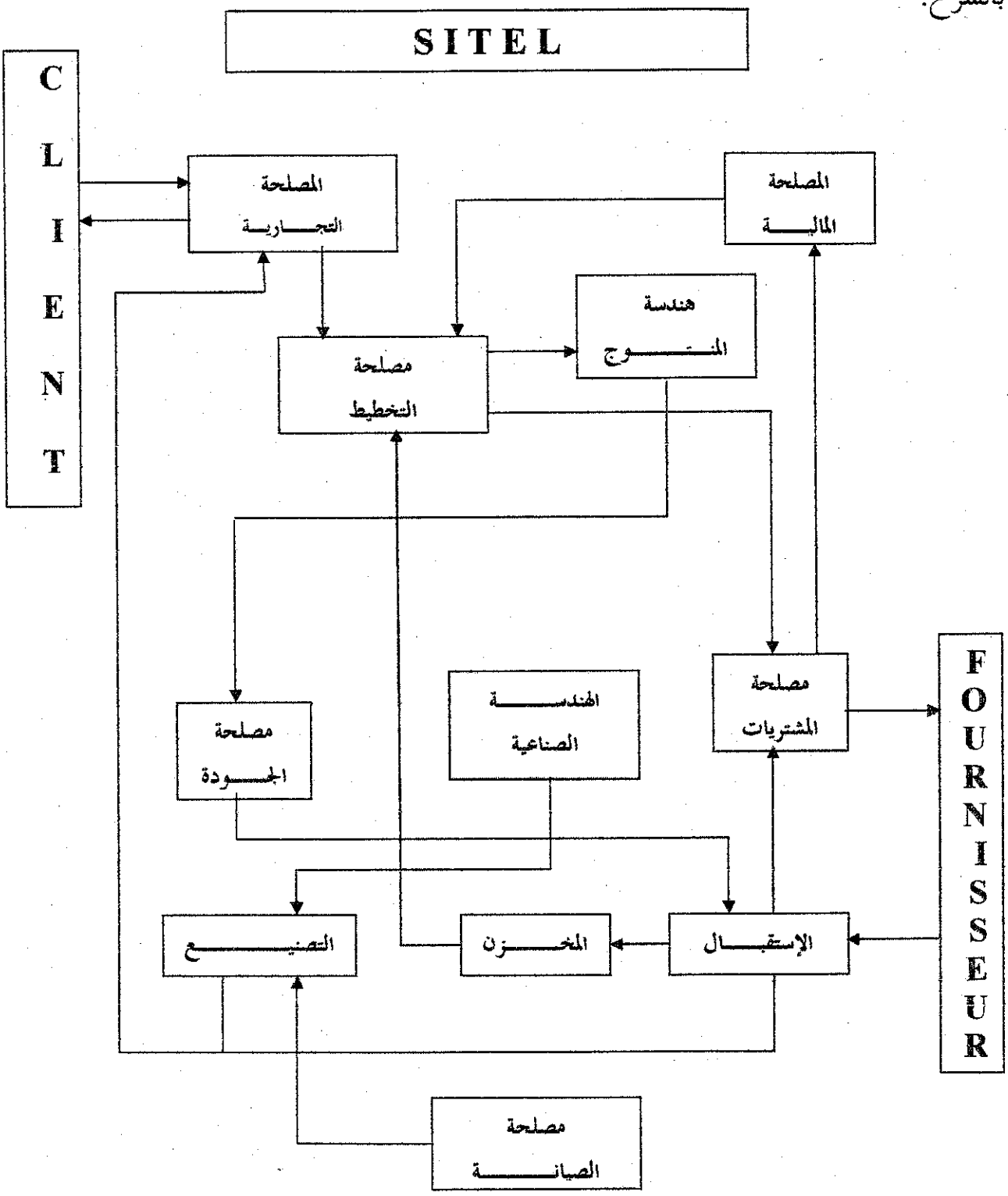


الشكل **41**: التدخلات الممكنة في المعطيات التقنية.

المصدر: وثائق محصل عليها من الشركة.

3- مراحل معالجة الطلبية:

يمكن الوقوف على المراحل التي تمر بها الطلبية من خلال الشكل التالي الذي نُتبعه بالشرح:



الشكل 42: مراحل معالجة الطلبية.

المصدر: من وضع الطالب.

- تمثل المديرية التجارية حلقة وصل بين الشركة و زبونها الوحيد المتمثل في "بريد الجزائر" و بالتالي يُعد هذا الزبون المثير الوحيد للعملية الإنتاجية؛ فانطلاقاً من دفتر شروط يضعه الزبون في إطار مناقصة علنية أو محدودة تعمل المديرية التجارية على ترجمة احتياجات الزبون إلى منتجات يجب تصنيعها داخل الشركة أو شرائها و يساعدها في ذلك بعض الأقسام الأخرى كقسم الهندسة الصناعية ؛ و بعد الاتفاق مع الزبون على تأريخ التسليم و مبلغ الصفقة يتم تأكيد الطلبية من طرف الزبون لتصبح بذلك طلبية في ذمة الشركة؛ و انطلاقاً من برنامج TOLAS يمكن للمديرية التجارية حجز,إرسال, تسيير و إعداد فاتورة الطلبية؛
- بعد حجز الطلبية على برنامج TOLAS يأتي دور مصلحة التخطيط لتقوم أولاً بإعداد حساب الاحتياجات الصافية **Calcul des besoins nets**, وهو الحساب الذي يمكّن,بعد الأخذ بعين الاعتبار ماهو موجود في المخازن,من تحديد صافي ما يجب انجازه ليتم بعد تحليل النتائج المحصل عليها و إدخالها في برنامج TOLAS إطلاق أوامر إنتاجية OF في حال كانت كل المكوّنات الداخلة في انجاز المنتوج حاضرة في مخازن الشركة, أو إحالة أوامر شرائية OA على مصلحة الشراء في حال اقتضى الأمر شراء بعض المستلزمات غير الموجودة لدى الشركة أو لا تنتجها هي؛ و نفتح قوساً هنا لنقول أن المواد الأولية التي تدخل في انجاز منتوج الشركة يمكن أن تكون عبارة عن مواد الكترونية كالمقاومة, و المحوّل و غيرها أو مواد خام كالنحاس و الصفائح المعدنية و البلاستيك و غيرها؛
- تقوم مصلحة الشراء بإعداد طلبية تتضمن ما يجب شرائها و توجيهها إلى المورِّد الذي غالباً ما يكون أجنبيا (شركة ايطالية بالتنسيق مع شركة ERICSSON), وذلك في إطار اتفاق مبرم بين الطرفين يتضمن موعد استلام الطلبية و فاتورتها و ما يلازم ذلك من إجراءات ضرورية؛
- استقبال المواد المطلوبة يمر عبر مصلحة الاستقبال التي تُشعر مصلحة الشراء بورود تلك المواد و تجري عدة فحوصات عليها لاختبار مدى جودتها و تطابقها مع الموصفات المحددة, وذالك باستعمال أدوات بسيطة أولاً ثم أساليب معمَّقة خاصة ليتم توجيه ماهو

صالح من مواد إلى المخزن أين يتم تصنيفها وفق المعايير المعمول بها في هذا الخصوص، وجعل ما هو ليس كذلك رهن الانتظار حتى تسوية المشكلة مع المورد؛ و نذكر أن كل خطوة من هذه الخطوات تكون متبوعة بحجز النتائج على برنامج TOLAS حيث يعد هذا البرنامج حلقة الاتصال التي تربط كافة مستويات و مصالح الشركة و واسطة تدفق المعلومات بالشركة و إدارة الإنتاج ككل.

- بعد تحديث معطيات برنامج TOLAS و تبيان ورود المواد و المكوِّنات إلى المخزن، يمكن إذن إطلاق الأوامر الإنتاجية المعنية لتدخل مرحلة الإنتاج و المعالجة بالوحدة الإنتاجية التي هي عبارة عن خط إنتاجي، وتتلخص أهم خطوات التصنيع في المراحل التالية:

- تجميع و تحضير جميع المواد الأولية و المكوِّنات اللازمة في عملية الانجاز و استخراجها من المخزن؛
- تركيب الألواح بنوعيه اليدوي وفق بيانات معينة بالنسبة للمكوِّنات و الأجزاء التي يمكن تركيبها كذلك، و الآلي عبر آلات متخصصة فائقة التكنولوجية بالنسبة للأجزاء و المكوِّنات الدقيقة؛
- التلحيم باستعمال نوعين من الآلات؛
- اختبار الألواح (Test de cartes): بعد انجاز العمليات الثلاثة السابقة يتم إجراء مختلف الاختبارات و الفحوصات على الألواح للتأكد من مدى جودتها باستعمال آلات خاصة مجهزة ببرامج حاسوبية تفي بهذا الغرض؛
- تركيب السَّلات (paniers) التي هي عبارة عن مجموعة من الألواح الالكترونية، و الخزانات (armoires) التي هي عبارة عن جملة من السلات يتم تركيبها داخل الخزانة و الربط فيما بينها بأسلاك معينة (câblage)؛ لتمثل هذه المرحلة المنتوج النهائي الذي يخضع أخيراً إلى اختبار نهائي لضمان جودته بأجهزة و برامج خاصة كذلك، و يُتيح هنا تقنيي الهندسة الصناعية دعماً تقنياً لإجراء اختبارات و فحوصات معمَّقة على المنتوج في حال عدم تمكن الاختبارات العادية من تحديد الخلل لسبب أو لآخر.

- أخيراً توجه المنتجات النهائية إلى مخزن آخر خاص بها ليتم تسويقها في ما بعد من قبل المديرية التجارية إلى الزبون بعد إتمام الإجراءات المصاحبة لذلك؛ و للإشارة فإن مهندسي الشركة "سيتال" هم من يتولى تنصيب المنتوج النهائي و تشغيله لدى الزبون الذي يبقى في اتصال دائم معهم لمعالجة المشاكل التقنية التي قد تقع.

المبحث الثاني:تخطيط و جدولة الإنتاج و تسيير الأوامر الإنتاجية:

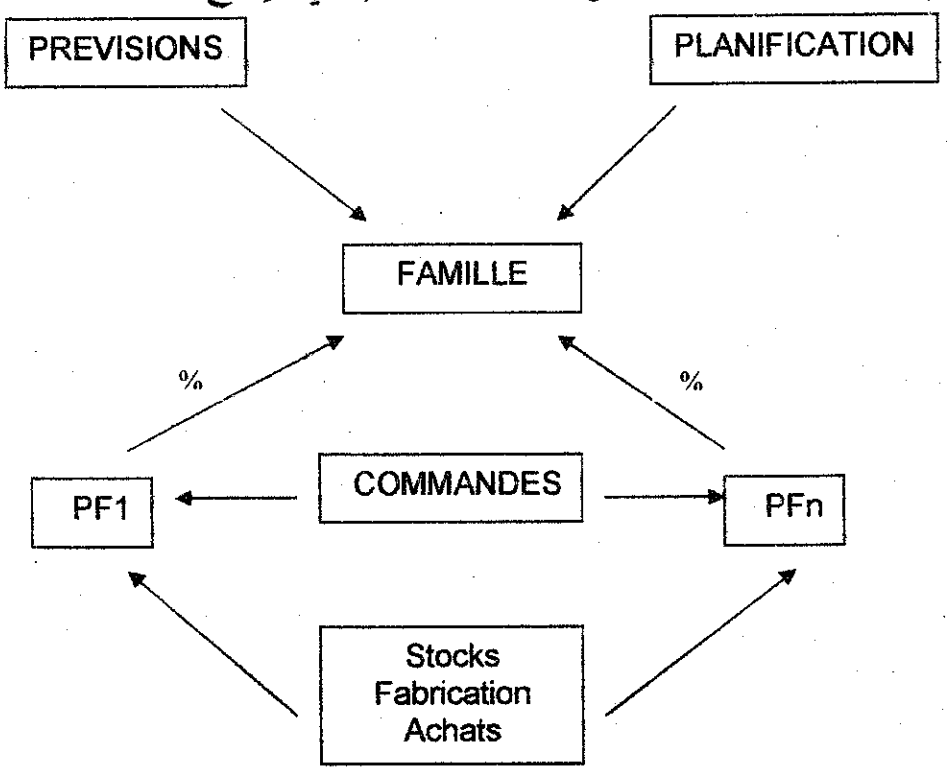
المطلب الأول: تخطيط و جدولة الإنتاج:

1- تخطيط الإنتاج:

تمثل مرحلة تخطيط الإنتاج الواسطة بين القسم التجاري و الإنتاج الفعلي حيث تترجم أولاً الإحتياجات الفعلية إلى خطة إجمالية للإنتاج على المدى المتوسط و البعيد.

يعكس الشكل التالي نموذجاً عن خطة إجمالية للإنتاج يتم إعدادها بناءاً على الطلبيات الفعلية و المتوقعة تتضمن عدة منتجات نهائية تعبِّر عن تلك الطلبيات مع الأخذ بعين الاعتبار ما هو في المخزن و ما يجب شراءه و ما هو قيد الإنجاز.

الشكل 43: التخطيط الإجمالي للإنتاج.



2- جدولة الإنتاج:

بعد تحديد الاحتياجات من المنتجات النهائية من خلال خطة الإنتاج الإجمالية تقوم مصلحة التخطيط، التي هي مسؤولة عن جدولة، إطلاق و متابعة الأوامر الإنتاجية، بناءاً على تلك الخطة و من خلال أسلوب حساب الاحتياجات الصافية CBN بتحديد كافة الاحتياجات من المستلزمات و المكوِّنات من اجل إنجاز و إ نتاج تلك المنتجات النهائية.

2-1: حساب الإحتياجات:

لحساب الإحتياجات الصافية تقوم مصلحة التخطيط بالخطوات التالية:

- استرجاع الطلبيات التي يدخلها القسم التجاري في برنامج TOLAS من هذا البرنامج و نقلها إلى ملف الخطة الإجمالية؛
- إعداد الخطة الإجمالية ثم تحليل النتائج المحصل عليها و المصادقة على تلك الخطة؛ القيام بحساب الاحتياجات الصافية من كل مكوِّن (article) مرة في الأسبوع على الأقل طبقاً لقاعدة الحساب التالية:

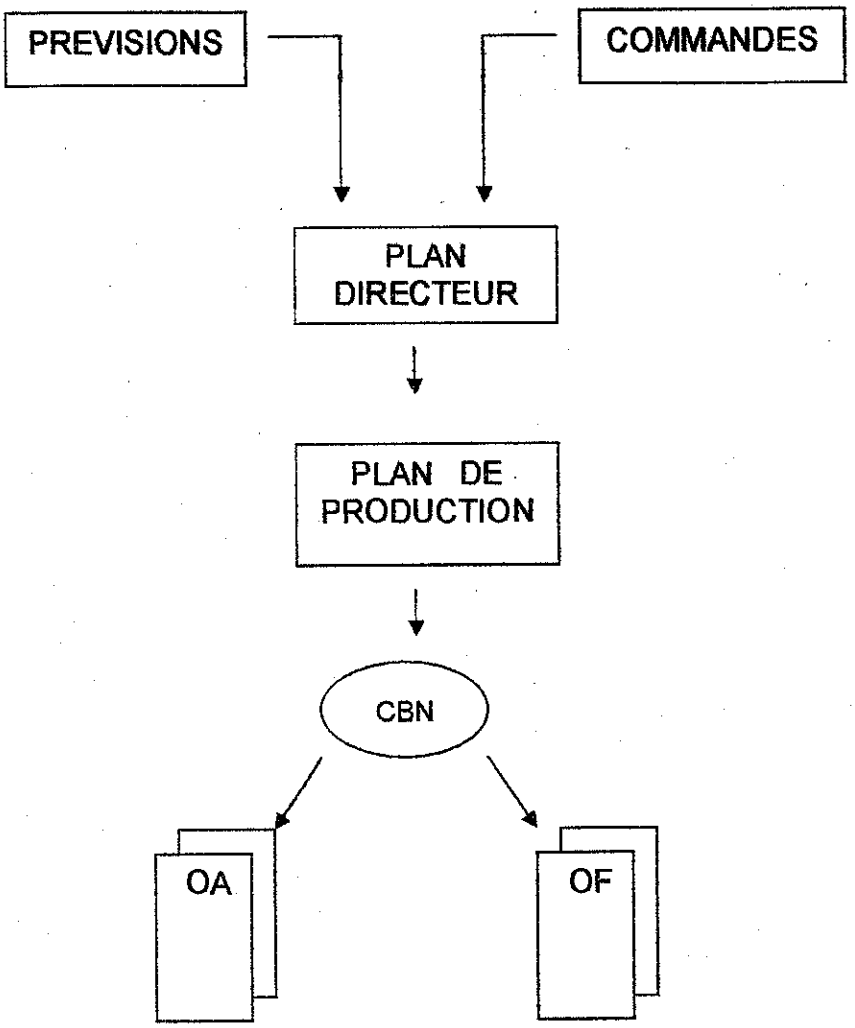
الإحتياج الصافي = الاحتياج الإجمالي – الموارد.

يمكن أن يكون مصدر الاحتياجات الإجمالية:

- الخطة الجمالية؛
- مستلزمات ناقصة (manquants)؛
- مخزون أمان.

أما الموارد فيمكن أن تكون مُتأتيةً من:

- المواد الموجودة في المخزن؛
- أوامر إنتاجية موجهة للتخزين؛
- أوامر شرائية موجهة للتخزين.



الشكل 44: من الخطة الإجمالية إلى الخطة التفصيلية .

المصدر: وثائق محصل عليها من الشركة.

- تحليل نتائج حساب الاحتياجات الصافية و تصديقه؛
- إنطلاقاً من النتائج المحصل عليها يتم إعداد أوامر إنتاجية أو أوامر شراء تتولاها مصلحة الشراء.

2-2 أدوات التحليل:

لتحليل نتائج حساب الاحتياجات الصافية تمتلك مصلحة التخطيط عدة أدوات من بينها:

- ✓ كشف إجمالي و تفصيلي للاحتياجات المخططة؛
- ✓ كشف عن مصدر الاحتياج و تفصيل ذالك المصدر؛

✓ قائمة بالأعمال الموصى بها؛

✓ تحليل و محاكاة الأعمال الموصى بها.

المطلب الثاني: تسيير الأوامر الإنتاجية:

1- المراحل التي يمر بها الأمر الإنتاجي:

بعد تحليل نتائج حساب الاحتياجات الصافية يصبح لدى مسؤول التخطيط نظرة تحليلية عن ذالك الحساب ليقوم بـــ:

- إعداد أوامر إنتاجية؛
- تحليل المتاح من المكوّنات اللازمة؛
- فتح الأوامر الإنتاجية؛
- تحضير ملف الأمر الإنتاجي:

– مجموعته التركيبية (la fiche Kit de l'OF)؛

– بطاقة المتابعة؛

– مخطط الإنجاز؛

– الوثائق الضرورية لتصنيع المنتوج؛

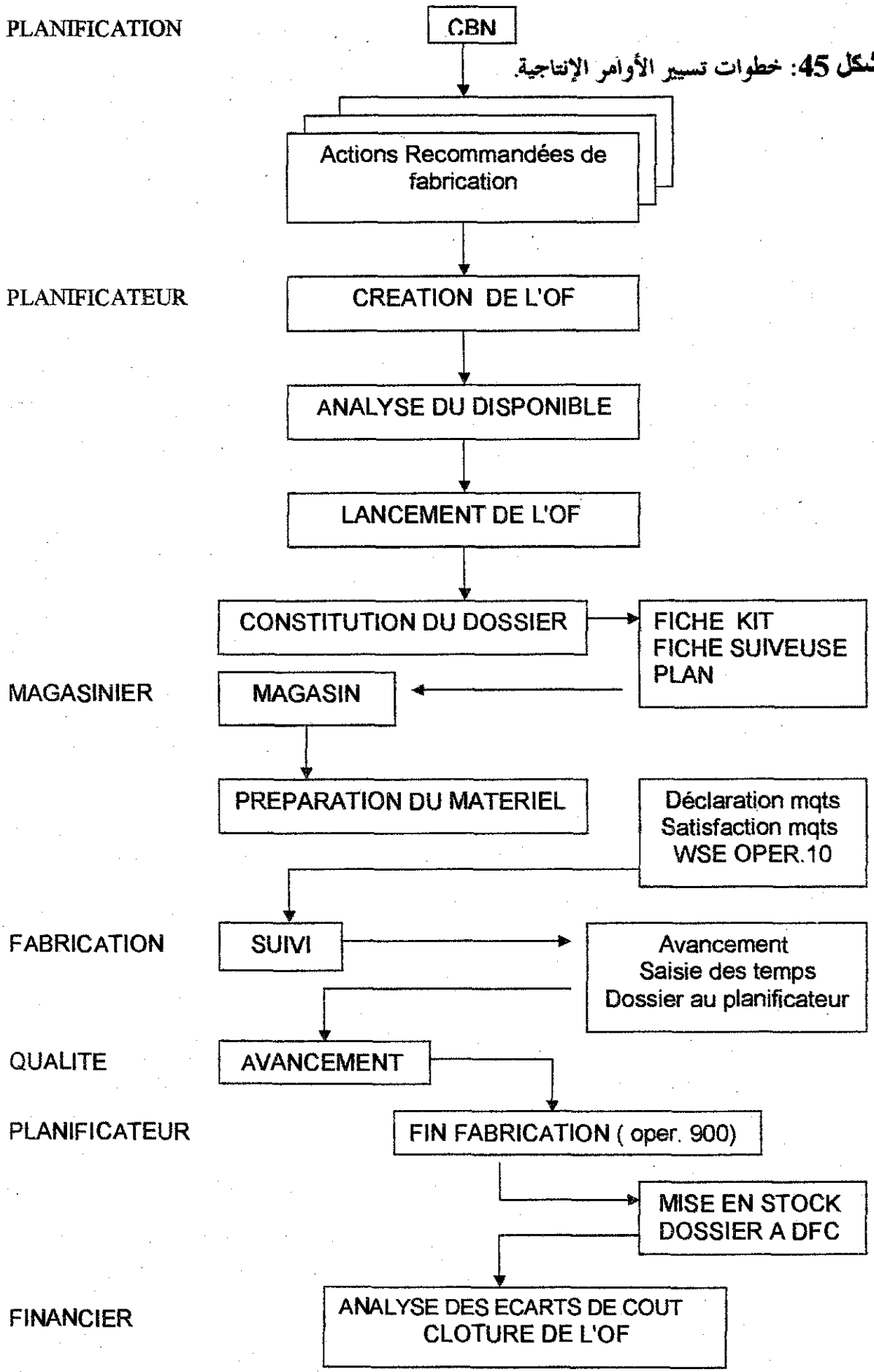
– تحويل الملف كاملا إلى أمين المخزن الذي يقوم بـــ:

- تحضير لوازم المجموعة التركيبية؛
- يشير إلى و يجيب اللوازم الناقصة على برنامج TOLAS؛
- يرسل اللوازم (المواد) رفقة الملف إلى قسم التصنيع الذي يقوم بـــ:
- متابعة تقدم الأمر الإنتاجي؛
- حجز أوقات معالجة الأوامر الإنتاجية؛
- إعادة إرسال ملف التصنيع إلى مسؤول التخطيط بنهاية معالجة الأمر الإنتاجي؛

- يقوم مسؤول التخطيط بإجراء العملية "900"للأمر الإنتاجي (العملية التي تعني نهاية إنجاز الأمر)؛
- يُختتم الأمر الإنتاجي بعد قيام مصلحة المالية بتحليل فروق التكاليف و تصديقها؛
- نشير أخيراً إلى أن الرقابة على جودة المنتوج تكون حاضرةً بتقدم الأمر الإنتاجي لإجراء العمليات الرقابية الضرورية.

و يمكن تركيب هذه الخطوات الرئيسية في تسيير الأوامر الإنتاجية في الشكل التالي:

الشكل 45: خطوات تسيير الأوامر الإنتاجية.



إذن إنطلاقاً من النتائج التي يقدمها حساب الاحتياجات الصافية يتم إتخاذ قرار من قبل مصلحة التخطيط بإطلاق الأوامر الإنتاجية و قبل ذالك إنشاء (création) هذه الأوامر لتمر بعدها على المخزن ثم إلى التصنيع أين تتم متابعتها عملية بعملية مع حجز زمن كل عملية حتى النهاية.

2- إنشاء الأوامر الإنتاجية:

يمكن التفريق بين نوعين من الأوامر الإنتاجية عند إنشائها: أوامر إنتاجية عادية تكون نتيجة عمل موصى به تعرف على أنها ذات نمط "W" و تكون في بادئ أمرها مغلقة (à l'état"F") ريثما يتم فتحها و إطلاقها؛ و أوامر إنتاجية إصلاحية ذات نمط "R"(OF de retouche) تكون مفتوحة بصفة تلقائية ("O" à l'état)، و يسعنا أن ندمج خطوات إنشاء هدا الأمر الإنتاجي أو ذاك من على شاشة النهاية (écran terminal) في النقط التالية على أن نميِّز بين ما يجب تمييزه بينهما :

- إدخال الوظيفة WOE على برنامج TOLAS؛
- إذا تعلق الأمر بأمر إنتاجي عادي يجب الضغط على زر "الرجوع إلى الخلف" لتصديق النمط Wبصفة تلقائية أما إذا كنَّا بصدد أمر انتاجي إصلاحي فيتم إدخال الحرف R؛
- بعدها سواء كان الأمر الإنتاجي عادياً أم موجَّهاً لغرض الإصلاح يتم إدخال رقم الأمر الإنتاجي (مثلا W1104BBDZ0353 أو R1104BBDZ0353)، رمز المادة أو الجزء المكوِّن، نمط تشكيلة التصنيع، كمية الأمر الإنتاجي، أرقام الأقسام و الحسابات المتعلقة بمصلحة المحاسبة، المخزن الذي سيرسل إليه المنتوج، مختلف التواريخ وأخيراً تصديق ذلك.
- بالنسبة للأوامر الإنتاجية الإصلاحية يجب كذلك تحديد تشكيلة تصنيع خاصة متعلقة بهذه المهمة.

3- إطلاق الأوامر الإنتاجية:

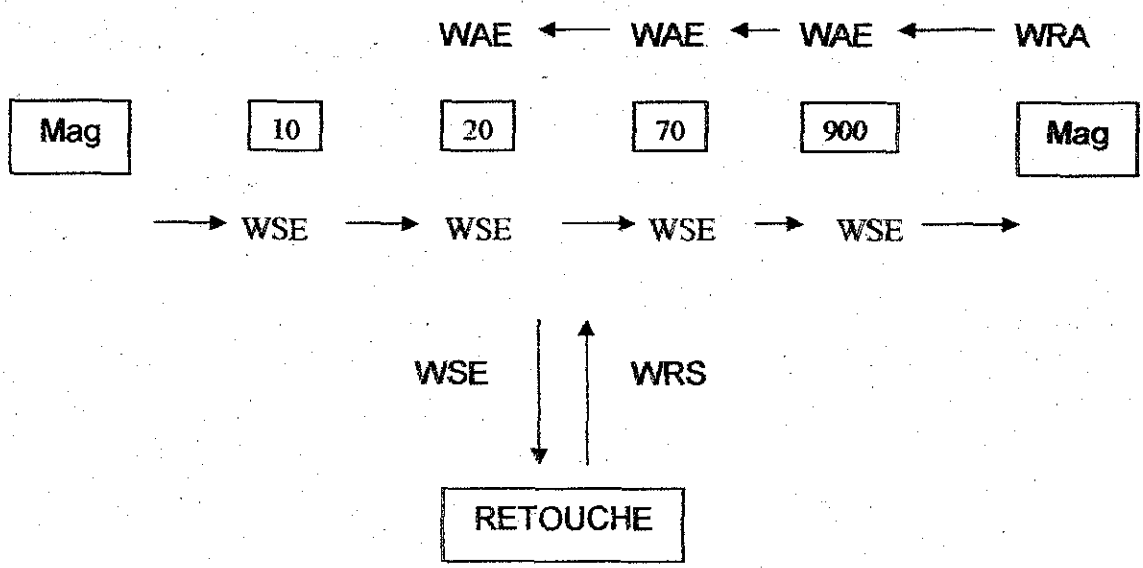
قبل الذهاب إلى عملية إطلاق الأوامر الإنتاجية يجب أولاً التحضير لها بالتأكد من مدى وجود الأجزاء و المواد الداخلة في إنجاز الأمر الإنتاجي، و يتم ذالك بنقل المعطيات اللازمة من برنامج TOLAS إلى برنامج ACCESS حيث يعطي هذا البرنامج الأخير كشوف أكثر تطبيقية من تلك التي يقترحها الأول.

بعد هذه الخطوة الأولية يمكن إذن إطلاق الأمر الإنتاجي ليمر من وضعيته المغلقة (état"F") إلى وضعية مفتوحة (état"O")؛ و بالإضافة إلى بطاقة متابعة الأمر الإنتاجي (fiche suiveuse de l'OF) و بطاقة مجموعته التركيبية (fiche Kit) اللتان يتم إنشائهما انطلاقا من برنامج TOLAS، تستكمل مصلحة التخطيط ملف الأمر الإنتاجي بوضع:

- لصيقات (étiquettes) خاصة بالمنتجات التي يجب تصنيعها؛
- لصيقات يتم تثبيتها على تعبئة لوازم المجموعة التركيبية الخاصة بالأمر الإنتاجي.

4- متابعة انجاز الأوامر الإنتاجية:

تتم متابعة الأوامر الإنتاجية من خلال ثلاثة عناصر: متابعة تقدمها Avancement-WSE؛ إجراء التعديلات اللازمة عليها Ajustement-WRA/WAE؛ و بتسيير عمليات إصلاحها Opérations de retouche WSE/WRS كما يوضحه الشكل التالي:



الشكل 46: متابعة إنجاز الأوامر الإنتاجية.

المصدر: وثائق محصل عليها من الشركة.

4-1 : تقدم انجاز الأمر الإنتاجي:

- يتم تقدم الأمر الإنتاجي من عملية إلى أخرى عبر الوظيفة WSEعلى برنامج TOLAS؛
- تقدم العملية رقم 10 يقوم به أمين المخزن حين تسليم المواد و اللوازم لوحدة التصنيع؛
- تقدم باقي العمليات تجزيه مصلحة الألواح و السلات (S.cartes et paniers) عدا العملية 900 التي تسهر مصلحة التخطيط على تقدمها للتأكد من دخول المنتوج إلى المخزن؛
- تقدم عمليات مراقبة الجودة يعود إلى مصلحة الجودة؛
- الكميات الجيِّدة, الغير صالحة أو التي تحتاج إلى تصليح يُصرح بها حين متابعة التقدم.

4-2: تعديل العمليات:

يمكن إجراء تعديل (تصحيح) عملية ما يُكتشف أنها تحتاج إلى ذلك حينما يكون المنتوج قيد الانجاز داخل الوحدة الإنتاجية بإرجاعه إلى تلك العملية السابقة, و يتم

ذالك على برنامج TOLAS من خلال الوظيفة WAE؛ أمَّا في حال ما أكتُشف مشكل في المنتوج بعد دخوله إلى المخزن فيتم إرجاعه إلى العملية 900 عبر الوظيفة WRA، وللإشارة فإن هذا لا يكون ممكناً إلاّ إذا كان الأمر الإنتاجي لا يزال مفتوحا "O"، أما إذا كان قد ختم (clôturé:à l'état "C") فإنه لا يمكن إجراء التعديل WRA.

3-4 : تسيير عمليات الإصلاح:

من خلال متابعة تقدم إنجاز الأمر الإنتاجي داخل الوحدة الإنتاجية عبر الوظيفة WSE يتم تصنيف تلك الكميات التي تحتاج إلى إصلاح كما سبق ذكره لتتدخل الوظيفة WRS و تأخذ الكميات الواجب إصلاحها ثمّ تنقلها إلى العملية حيث تستوجب إصلاح، و يشار إلى عملية الإصلاح برقم 999.

5- حجز أزمنة العمليات:

تتم عملية حجز الوقت الذي يقضيه الأمر الإنتاجي بالوحدة الإنتاجية من خلال الوظيفة MTC على برنامج TOLAS، من أجل هذا توضع تحت تصرف مصلحة التصنيع المكلفة بحجز هذه الأوقات وثيقة "كشف الأوقات" ليتم تسجيل كافة الأوقات المجرات على الأمر الإنتاجي من وقت عادي أو وقت إضافي إن وُجد ؛ و يتيح البرنامج المذكور الذي تدير به الشركة إنتاجها إمكانية مراقبة مختلف هذه الأوقات.

6- ختم الأوامر الإنتاجية:

تمكّن الوظيفة WOC من برنامج TOLASمن:

- إلغاء أمر إنتاجي معين لا يزال في وضعية مغلقة "F" أي قبل إطلاقه ليمر بذلك من الوضعية "F" إلى الوضعية "X"؛
- تصفية أمر إنتاجي مفتوح قبل إتمام إنجازه لينتقل من الوضعية "O" إلى الوضعية "S"؛

- ختم أمر إنتاجي معين في الوضعية "M" وهي الوضعية التي تعني إتمام إنجاز جميع كمية الأمر الإنتاجي و دخولها إلى المخزن؛ تتم عملية الختم من قبل المصالح المالية بعد تحليل فروق التكاليف المتعلقة بالأمر الإنتاجي.

خاتمـــة الفصل

تجربةٌ متواضعةٌ هي لكنَّها حملت في طيَّاتها أكثر من بُعد؛ الوقوف على موضوع جدولة الإنتاج و العمليات في حُلّةٍ تطبيقية و على إدارة النشاط الإنتاجي بصفة عامة ميَّزا أهم ما سعينا إليه من وراء هذا الفصل، حيث أتيحت لنا الفرصة لأن ندخل العالم التطبيقي و استنتجنا بحق أنه بإمكان المؤسسة الجزائرية أن تُقدِّم الأفضل و كل ما هو جميل إن فسح لها المجال و رُدَّ إليها الإعتبار بتشجيعها من جهة و بكل ما تحمله الكلمة من دلالة، و بتشجيع التنسيق و التعاون بينها و بين الباحثين و الدارسين فيما يخدم الصالح العام من جهة أخرى.

خلاصة الفصل

من شركة إقتصادية مختلطة إلى شركة ذات أسهم برأس مال 400 مليون دينار، تُعد الشركة الصناعية للإتصالات السلكية و اللاسلكية إحدى الشركات الصناعية الرائدة في الجزائر حيث تنشط في إنتاج المراكز الهاتفية الرقمية مساهمةً بذلك في تطوير هذا المجال في بلادنا؛ للشركة زبون وحيد يتمثل في "بريد الجزائر" و هي لا تنتج من أجل المخزون بل حسب الطلبية و تضم أربعة مديريات رئيسية منضوية تحت راية المديرية العامة و متفرعةً بدورها إلى أقسام تابعة لها بما يضمن السير العادي و الحسن لنشاط الشركة التي تعتمد نظام إدارة الإنتاج بإستعمال الحاسب الآلي GPAO عبر برنامج TOLAS الذي هو منصب على مختلف الأجهزة الحاسوبية للشركة و يحتوي تسعة مقاييس رئيسية تضمن إدارة إنتاج فعَّالة بالنسبة لأي شركة صناعية كانت على إختلاف الأحوال و النشاط؛ قاعدة هذا البرنامج تتمثل في المعطيات التقنية من مكوِّنات و مدوِّنات و تشكيلات تصنيع المنتوج.

تمثل طلبية الزبون فتيل إطلاق العملية الإنتاجية بالشركة ليتم ترجمتها و تفصيلها من طابعها الإجمالي إلى خطة تفصيلية تقتضي ما يجب إنتاجه فعلاً داخل الشركة وما يجب شرائه بعد حساب الإحتياجات الصافية.

ما يجب إنتاجه داخل الشركة ينعكس فيما بعد في شكل أوامر إنتاجية توجَّه إلى ورشة التصنيع المنظمة على شكل خط إنتاجي حيث يُسهر على تسييرها إعتماداً على برنامج TOLAS فيما تأخذ المواد التي يجب شرائها صفة أمر بالشراء توجَّه الى مصلحة الشراء.

كلمات مفاتيح هذا الفصل:

"سيتال"، الحبكة الإعلامية "TOLAS"، حساب الإحتياجات الصافية.

الخاتمة:

تهدف كل منظمة إلى تقديم منتجاتها في أحسن طبق إلى السوق؛ أحسن طبق تعني تقديم منتجات بالتكلفة المناسبة و بالجودة المطلوبة و في الوقت المحدد. و في الواقع تُشكِّل هذه المحددات الثلاثة حلبة و إطار الصراع بين مختلف المنظمات في سوق المنافسة الذي ما انفكَّ يأتي بكل ما هو جديد و ما من شأنه أن يعصف بمنظمات بأكملها.

و لو دققنا النظر في موطن ذالك الصراع لوجدناه يدور في حقيقة الأمر حول فلك جدولة الإنتاج و العمليات؛ تلك الوظيفة التي تعد مسألة شائكة تستوجب صبراً و اصطباراً في دراستها.

من خلال هذا البحث المتواضع حاولنا بكل ما وُفِّقنا إليه من طاقة إلقاء الضوء على هذه الوظيفة و المسألة في آن واحد و لفت الإنتباه إلى أهمية الموضوع و ضرورة التعرض له بالدراسة و التحليل و التعمق فيه، فما بحثنا هذا إلا بادرة خير في هذا الإتجاه فتحت الباب على موضوعٍ واسعٍ و متشعبٍ و ذي أبوابٍ متعددة.

فبعد دراسة الموضوع من جانبه النظري الذي اكتمل بجانبه التطبيقي راحت في وجداننا العديد من النتائج و الإستنتاجات التي أكّدت في نظرنا ما كنا قد افترضناه في مدخل هذه الدراسة.

من جملة تلك النتائج و الاستنتاجات التي خلصنا إليها نورد على سبيل المثال لا الحصر النقاط العريضة التالية:

- لا يمكن لأي منظمة أن تعزِّز من مكانتها التنافسية دون أن تكون وظيفة جدولة الإنتاج و العمليات قد طُرحت في المستوى الذي يليق بها بإسنادها إلى متخصصين في هذا المجال؛

- جدولة فعالة للإنتاج و العمليات لا تكاد تُجدي نفعاً إذا لم نكن قد درسنا من قبل تلك العمليات لتعريفها و تحديد خصائصها بدقة؛
- وظيفة جدولة إنتاج فعَّالة و جيدة تمكِّن من تحصيل أعظم إنتاج ممكن و تحقيق إنتاجية مثلـــــى؛
- تُسهم الجدولة إسهاماً فعالاً في تنظيم و قيادة العملية الإنتاجية بالوحدة الإنتاجية و بالتالي ثمَّة علاقة وطيدة و متينة بين جدولة الإنتاج و نظام إنتاجي فعَّال يفي بالأغراض المطلوبة منه؛
- لئن كان للجدولة الدور البارز في تفعيل النظام الإنتاجي فإن هذه المهمة تتم حقيقةً في إطار تكامل بين جميع وظائف المنظمة و بخاصة الهندسة الصناعية و الصيانة و الرقابة؛
- من منظور رياضي بحت، تعد مسائل الجدولة من أعقد المسائل المطروحة على الساحة الدولية ما جعل منها حقلاً خصباً لمختلف الأبحاث و الدراسات؛
- إعتماد مسائل الجدولة في حلها على طرق إجتهاد منظم بالأساس فتح الباب واسعاً أمام إجتهادات المجتهدين و عزَّز من مكانتها، و حيث أنه عادةً ما يتم صياغة تلك الطرق في قالب خوارزميات يمكن برمجتها حاسوبياً فذاك مما يقوِّي الرابطة بين إدارة الإنتاج و العمليات و هذه الوظيفة من جهة و الإعلام الآلي من جهة أخرى، و يوجب معرفة بالبرامج الحاسوبية للجدولة المتوفرة في السوق و التي نذكر من بينها:[1]

- ORDO®: و هو عبارة عن حبكة إعلامية (Logiciel) لجدولة الوحدات الإنتاجية في الوقت الحقيقي temps réel، و هو برنامج جد فعَّال يُسوَّق من قبل المكتب Villaumié S.A بفرنسا طوِّر بالشراكة مع مخبر تحليل و هندسة الأنظمة بفرنسا كذلك؛

[1]- لمزيد من التفصيل حول البرامج التي سنأتي على ذكرها و مبدأ و أهداف كل واحد منها أنظر:
Patrick Esquirol, Pierre Lopez. L'ordonnancement, Edition Economica, Paris, 1999 .p 119.

- PREACTOR®: الذي تم تصميمه من قِبل "The CIMulation Centre Ltd" بالمملكة المتحدة؛
- SCOOP: Système Coopératif pour l'Ordonnancement de la Production، و هو عبارة عن نموذج أولي يساعد في عملية إتخاذ القرار بالنسبة لجدولة الوحدات الإنتاجية؛ طوِّر هذا البرنامج من قبل مخبر تحليل و هندسة الأنظمة السابق الإشارة إليه.
- أما فيما يتعلق بجدولة أنشطة المشروع فهناك مثلاً البرنامج المقترح من قبل شركة "ميكروسوفت" و الذي يعرف بـــ" MS Project".

- من جانب نظري أكاديمي محلي توصلنا إلى حقيقة أن الموضوع و بخاصة جدولة الوحدات الإنتاجية "Ordonnancement d'Ateliers" لا يزال فتياً يخطو خطواته الأولى و إلاّ فكيف نفسِّر غياب الدراسات في هذا الجانب؛

أما فيما يتعلق بالجانب التطبيقي للموضوع و الذي عُني بدراسة حالة وحدة إنتاجية و ليس مشروعاً مستقلاً بذاته، فعلى الرغم من أنها كانت تجربة عملية و خبرة ثرية ولو متواضعة بالنسبة لنا جعلتنا نقف على المباشر على كيفية الإنتاج و إدارته داخل شركة و قلّصت الهوة بين ما كنّا نعرفه نظرياً و ما كنّا نحمله عن الواقع حيث أُعجبنا لما رأينا الشركة تتبع أساليب حديثة في إدارة الإنتاج "GPAO" و على الرغم من المحاسن العديدة التي وقفنا عندها و التي أثلجت صدورنا إلاّ أنّ هناك مآخذ على الشركة لا بد من قولها و التي هي في الحقيقة نصائح و توصيات بالنسبة لها:

- تنظيم إنتاج الشركة على شكل خط إنتاجي تنطبق عليه خصائص هذا النوع من تنظيم الإنتاج، و لعل الأهم في هذا الشأن هو السهر على سلامة الخط الإنتاجي بتفعيل دور الصيانة و هذا ما وجدناه بالشركة؛
- على الرغم من أن الشركة تتبع أساليب حديثة في الإنتاج إلاّ أن ذلك يبقى ناقصاً في إعتقادنا نظراً لعدة أسباب نوردها في باقي النقط؛
- التعامل مع زبون وحيد المتمثل في "بريد الجزائر" ليس في صالح الشركة في إعتقادنا لأنه يعد الجهة الوحيدة المسببة للعملية الإنتاجية فارضاً بعض الشيء على الشركة إتباع سياسة "الإنتاج حسب الطلبية".
- ننصح الشركة بالبحث عن متعاملين جدد و هو ما لا يكون إلا باتخاذ قرارات إستراتيجية تتمثل في البحث عن فرص إستثمار جديدة و على وجه خاص الإستثمار في قطاع الهاتف المحمول طالما أن الزبون الحالي يعد المحتكر الوحيد لقطاع الهاتف الثابت في الجزائر، ولئن كانت الشركة قد خطت خطوات أُولى في هذا المضمار فإننا نشجعها على ذلك، فما لم يرُقنا هو أن الطاقة الإنتاجية للشركة تفوق بكثير ما تتلقاه كطلبيات و بذلك تكون الشركة دون مستوى تشغيلها الحقيقي و السبب المباشر و الوحيد في نظرنا في ذلك هو تعاملها مع زبون وحيـــد. و لو أضفنا أن بعض التوقعات تشير إلى أن الهاتف الثابت في طريقه إلى الإندثار من سوق الإستثمارات مستقبلاً لتأكد هذا النصح ثانيةً.
- الإستثمار في قطاع الهاتف المحمول و ضرورة إيجاد متعاملين جدد يكون حسب رأينا متبوعاً بخطوات أخرى لعل أهل الشركة سوف يكونون أعلم بها منا كضرورة التخلي جزئياً على سياسة الإنتاج حسب الطلبية، فما لم يرُقنا كذلك في هذا الخصوص هو أنه في كل مرة يتم تعيير و ضبط الآلات على طول الخط الإنتاجي ببرامج حاسوبية خاصة مما يرفع من التكاليف و يعطّل من انسياب العملية الإنتاجية؛ و لئن كان هذا يبدو قليل الأهمية في الوقت الراهن كون الطاقة الإنتاجية للشركة تتعدى بكثير ما

تتعدى بكثير ما يُفرض عليها كأعباء و أنه عادة ما يكون للشركة متسع كافي من الوقت في الإنتاج فقد لا يبقى الأمر كذلك في ظل سوق تنافسية؛

- لم نقل في النقطة السابقة على الشركة أن تنتج من أجل المخزون، فهي محقة تماماً في عدم إتباع هذه السياسة في الإنتاج كون المنتجات هنا ذات طابع تكنولوجي مرشح للتطوير يوماً بعد يوم، لكن التعامل مع عدة متعاملين سوف يبرز على حسب رأينا ضرورة التخلي جزئياً على سياسة الإنتاج حسب الطلبية و من هنا سوف تفرض نقطة أخرى نفسها مستقبلاً ألا وهي ضرورة تفعيل مجال التنبؤ بالطلب.

هذه هي الخطوط العريضة للنتائج و الإستنتاجات التي حضرتنا و التي تتضمن في الحقيقة توصيات و اقتراحات تصب في مجملها في ضرورة لفت الإنتباه و رد الإعتبار إلى موضوع جدولة الإنتاج و العمليات، بالعمل على تشجيع البحوث و الدراسات في هذا الجانب إضافة إلى ضرورة التنسيق بين النظري و التطبيقي في مختلف الأبحاث لجعل كل واحد منهما يكمّل الآخر بما يمكّن في الأخير من النهوض بإقتصادنا.

قائمة المراجع والمصادر:

كتب باللغة العربية:

1) د.علي الشرقاوي ،**إدارة النشاط الإنتاجي :مدخل التحليل الكمي** ،الدار الجامعية الجديدة للنشر2003.

2) سونيا محمد البكري، **إدارة الإنتاج و العمليات: مدخل النظم**، الدار الجامعية، الإسكندرية 2001.

3) د.علي الشرقاوي ،**إدارة النشاط الإنتاجي :مدخل التحليل الكمي** ،الدار الجامعية 2000.

4) د.محمد صالح الحناوي ،د.محمد فريد الصحن ،**مقدمة في الأعمال و المال** ،الدار الجامعية 1999.

5) د.محمد توفيق ماضي، **إدارة الإنتاج والعمليات: مدخل اتخاذ القرارات**، الدار الجامعية 1999.

6) أ.د. محمد سالم الصفدي، **بحوث العمليات: تطبيق و خوارزميات**، دار وائل للطباعة و النشر، الطبعة الأولى 1999.

7) د. إبراهيم نائب، د.إنعام باقية، **بحوث العمليات: خوارزميات و برامج حاسوبية**، دار وائل للنشر1999.

8) فتحي خليل حمدان، رشيق رفيق مرعي، **مقدمة في بحوث العمليات**، دار وائل للنشر، الطبعة الثانية 1999.

9) د.فريد عبد الفتاح زين الدين، **تخطيط و مراقبة الإنتاج: مدخل إدارة الجودة**، كلية التجارة –جامعة الزقازيق 1997.

10) د.فريد عبد الفتاح زين الدين، **بحوث العمليات وتطبيقاتها في حل المشكلات و اتخاذ القرارات**، كلية التجارة –جامعة الزقازيق 1996 .

11) د.إبراهيم أحمد مخلوف، **التحليل الكمي في الإدارة**، جامعة الملك سعود، عمادة شؤون المكتبات، الطبعة الأولى 1995.

12) د.احمد فهمي جلال، **مقدمة في بحوث العمليات و العلوم الإدارية**، دار الفكر العربي 1993.

13) د.محمد اسعد عبد الوهاب النيداني، **مقدمة في بحوث العمليات**، مكتبة و مطبعة الإشعاع الفنية، الطبعة الثالثة 1993.

14) أ.د.حسين عطا غنيم: **بحوث العمليات (1)** ، مراجعة أ.د.محمد علي شهيب، جامعة القاهرة ،1993.

15) د.محمد توفيق ماضي، **تخطيط و مراقبة الإنتاج: مدخل اتخاذ القرارات**، المكتب العربي الحديث 1992.

كتب باللغة الأجنبية:

16) Vincent Giard, Gestion de la production et des flux, Édition Economica, 3ème édition 2003.

17) Henri Pierre Maders et Etienne Clet, comment manager un projet, Editions d'organisations, 2ème tirage 2003.

18) Gilles Vallet, Techniques de planification de projets, Dunod , Paris, 3ème édition 2003 .

19) Daniel De Wolf, gestion de la production, Université de Liège, Liège, Septembre 2003.

20) Gilles Vallet, techniques de suivi de projets, Dunod, Paris, 2003.

21) Yves Crama, Eléments de gestion de la production, *Notes de cours*, Ecole d'administration des affaires, Université de Liège, 2002-2003.

22) Pierre Lopez, Francois Roubellat : Ordonnancement de la production, Paris, Hermès Sciences Publications, 2001.

23) Robert Labbé, Méthodes d'aide à la décision : Approches théoriques et études de cas développées, Edition Ellipses 2001.

24) Anne Gratacap, Pierre Médau, Management de la production : *« concepts, méthodes, cas »* Dunod, Paris, 2001.

25) Steven Nahmias: Production et Operations Analysis, 4ème edition, McGraw-Hill Irwin2001/Claude Olivier, gestion de la production, École de technologie supérieure, Université du Québec, 2002.
26) Francis Cottet, Joëlle Delacroix, Claude Kacser et Zoubir Mammeri, ordonnancement temps réel, cours et exercices corrigés, Hèrmes Sciences Publications, Paris , 2000.
27) A. Courtois, C. Martin–Bonnefous et M. Pillet, gestion de production, Edition d'organisation, 3ème édition, 2ème tirage 2000.
28) Georges Javel, Organisation et gestion de la production : *cours avec exercices corrigés* , 2ème édition , Dunod 2000 .
29) Patrick Esquirol, Pierre Lopez. L'ordonnancement, Edition Economica, Paris, 1999.
30) Francis Lambersand , Organisation et génie de production : *concepts d'optimisation des flux industriels par stock zéro , délai zéro* , Ellipses, 1999.
31) Armand et *al*, Manuel de Gestion, *volume2*; livre7 « Gestion de la Production », Pierre-Marie Gallois et *al*, Ellipses, 1999.
32) Didier Babel, Michel Carré et Sahoudra Raobadia, réussir l'épreuve ; Etude de cas de gestion, Ellipses1998..
33) André Boyer et *al*, panorama de la gestion : Marketing, production , finances , ressources humaines et stratégie , Les éditions Chihab , les éditions d'organisation , 1997
34) P. LAURENT et F. BOUARD, Économie d'entreprise, Tome 1, les Éditions d'Organisation 1997.
35) Jean-Louis Brissard, Marc Polizzi, gérer la production industrielle : outils et méthodes, Editions Mare Nostrum 1996.
36) Gérald Baillargeon, Programmation linéaire appliquée « *Outils d'optimisation et d'aide à la décision* », Les éditions SMG, 2ème tirage 1996.
37) Ensemble de spécialistes sous l'égide de l'AFITEP, Le management de projet , *principes et pratiques* , Editions Mare Nostrum , 1996 .
38) Benmazouz Boualem, Recherche opérationnelle de gestion, Atlas Editions, Mars 1995.
39) Vincent Giard, La gestion de la production, 2ème Edition, Economica 1994.
40) Pierre Lamy , ordonnancement et gestion de production , manuel pratique , Editions Hermès , Paris , 1991 .
41) J.Carlier et P.Chrétienne, problèmes d'ordonnancement « *modélisation, complexité, algorithmes* » Masson, Paris, 1988.
42) B. Aouni, Gestion des opérations, notes de cours et problèmes (p1), librairie de l'université Laurentienne, Canada.

43) Christian Marmuse, Les Aides à la Décision, Fernand Nathan, 2ème édition.

44) Clifford F.Gray and Erik W.Larson, Project Management: the managerial process, Second Edition, Mc Graw-Hill 2003.

45) Michel Pinedo, Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems; Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersy.

مقالات باللغة الأجنبية:

1- José F.G., Jorge José de M.M. et Mauricio G.C.R., « A Hybrid Genetic Algorithm for the Job Shop Scheduling Problem », *AT&T Labs Research Technical Report TD-5EAL6J*, September 2002.

2- Philippe Baptiste et *al*, Job-Shop Scheduling, *vol* 20, Groupe Ordonnancement, 07 mars 2000.

3- Yves CRAMA, Lionel DUPONT et Gerd FINKE « Recherche opérationnelle et gestion de la production », *vol 15*, Article préparé pour publication dans la revue "*Nouvelles de la Science et des Technologies*", Juin 1997.

4- Campbell, H.G., Dudek, R.A. et Smith, M.L. (1970), « A Heuristic Algorithm for the n Job m machine Sequencing Problem, Management Science.

5- French, S., « Sequencing and Scheduling, An Introduction to the Mathematics of the Job-Shop », Ellis Horwood Series, 1990.

6- Nabeel.F.M. et *al*, « Hybrid Algorithm for Sequencing a Single Processor », *vol* 6, USA/Jordan.