الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة د. الطاهر مولاي سعيدة

كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير

مذكرة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الماستر في علوم التسيير

تخصص إدارة الإنتاج و التموين

الموضوع:

# استخدام أسلوب التحليل الشبكي في تخطيط أعمال الصيانة الوقائية

## دراسة حالة حقل غورد الباقل - REB - ( SONATRACH ) للفترة 2018 - 2019.

إعداد الطلبة:

برطال أحمد

ملوكي لخضر

تحت إشراف:

- د. ملال ربيعة

أعضاء لجنة المناقشـــــة

الأستاذ.....رئيسا

الأستاذ.....مشرفا

الأستاذ.....ممتحنا

الأستاذ.....ممتحنا

السنة الجامعية: 2018-2019

بسم الله الرحمن الرحيم

# شكر و تقدير

إقرارا بالفضل لذويه ، ونزولا عند قول النبي الأكرم - صلى الله عليه وسلم - « من لا يشكر الناس لا يشكر الله» فلا يسعنا إلا أن نتقدم بوافر الشكر والتقدير وعظيم الامتنان إلى **الدكتورة. ملال ربيعة** لتفضلها بالموافقة على الإشراف على هذه المذكرة ، حيث كانت لتوجيهاتها العلمية وتعاونها الصادق الأثر البالغ في إخراج هذا العمل إلى الوجود.

كما نتقدم بجزيل الشكر والامتنان لكل من قدم لنا المساعدة ومد يد العون ، وأخص بالذكر السادة إطارات و موظفي شركة سوناطراك بحقل غورد الباقل على ما قدموه لي من تسهيلات و معلومات لإعداد الجانب التطبيقي للمذكرة .

كما أتوجه بالشكر والامتنان للأساتذة المحترمين أعضاء لجنة المناقشة لقبولهم مناقشة هذه المذكرة.

وإلى كل عمال جامعة الدكتور مولاي الطاهر وخاصة كلية العلوم الاقتصادية ، العلوم التجارية وعلوم التسيير.

# إهداء

أهدي ثمرة هذا الجهد إلى من أعز وأحب الناس وأغلاهم أبي

والى نبع الحنان ونور دربي أمي

والى جميع إخوتي وأصدقائي و أساتذتي

والى كل من نساه قلمي ولم ينساه قلبي اهدي ثمرة جهدي

برطال أحمد

ملوكي لخضر

## ملخص:

ساهمت التطورات التكنولوجية السريعة اليوم في ظهور معدات حديثة بالتقنية العالية، هذا ما استدعى بالضرورة الاهتمام بوظيفة الصيانة كوظيفة إستراتيجية في المؤسسة حيث تقوم بالاهتمام بهذه المعدات بتبني سياسات الصيانة المخططة وتطبيق الأساليب الحديثة في الإدارة من تخطيط، تنظيم ورقابة.
هدف هذا البحث هو دراسة تخطيط أعمال الصيانة الوقائية وفعاليات فحص مسار الغاز الساخن HGPI (Hot gas path inspections) للتوربين غازي بشكل خاص في حقل غورد الباقل جنوب الجزائر التابع لشركة سوناطراك باستخدام أسلوب المسار الحرج CPM وأسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT بالاعتماد على برنامج Win QSB. ولغرض الوصول إلى نتائج أكثر دقة تم استخدام أسلوب بيرت الضبابي Fuzzy PERT.
وقد خلصت الدراسة إلى الأثر الايجابي والدور الفعال الذي يلعبه أسلوب التحليل الشبكي في تخطيط أعمال الصيانة الوقائية.



**الكلمات المفتاحية:** الصيانة، التحليل الشبكي، أسلوب المسار الحرج، أسلوب تقييم ومراجعة البرامج، أسلوب بيرت الضبابي، غورد الباقل.



## Abstract:

Rapid technological advancement have contributed to the development of highly advanced machinaries. This led to the emergence of maintenance as an important role in today's companies with the objective of applying planned maintenance and the application of modern methods of management of planning, organising and inspecting.
The aim of this research is to study planned preventive maintenance and the efficiency of Hot Gas Path Inspections (HGPI) technique in gas turbines in particular. the study was conducted in Rhourde El Baguel field, located in the south of Algeria which belongs to SONATRACH, using the critical path method and the method of evaluating and reviewing the programs. Based on the Win QSB program. To be able to achieve accurate resuls, we use Fuzzy PERT.
the study reveals the positive impact and efficient role that Network analysis in planned preventive maintenance.



**key words** : Maintenance, Network Analysis, Critical path method, Programme evaluation and review technique, Fuzzy PERT method, Rhourde El Baguel.

# فهرس المذكرة


| البيان | الصفحة |
|---|---|
| - بسملة .....<br>- شكر و تقدير.....<br>- إهداء.....<br>- ملخص.....<br>- فهرس المذكرة.....<br>- قائمة الجداول .....<br>- قائمة الأشكال .....<br>- قائمة الرموز والمختصرات ..... | |
| **مقدمة عامة**..... | أ - ج |
| - إشكالية الموضوع .....<br>- التساؤلات الفرعية .....<br>- فرضيات الدراسة.....<br>- أهداف الدراسة و أهميتها.....<br>- حدود الدراسة.....<br>- دوافع اختيار الموضوع.....<br>- صعوبات الدراسة.....<br>- مرجعية الدراسة .....<br>- الدراسات السابقة.....<br>- منهجية الدراسة.....<br>- هيكل الدراسة..... | أ<br>أ<br>أ<br>ب<br>ب<br>ب<br>ت<br>ت<br>ث<br>ج<br>ج |
| **الفصل الأول : مفاهيم أساسية حول الصيانة.** | 02 - 31 |
| **تمهيد الفصل الأول**..... | 02 |
| **I- مدخل إلى الصيانة**..... | 03 |
| **I- 1 مفهوم الصيانة وتطورها التاريخي**.....<br>I- 1- 1 مفهوم الصيانة .....<br>I- 1- 2 التطور التاريخي لصيانة.....<br>**I- 2 أسباب الصيانة** .....<br>**I- 3 أهمية وأهداف الصيانة** .....<br>I- 3- 1 أهمية الصيانة.....<br>I- 3- 2 أهداف الصيانة..... | 03<br>03<br>05<br>07<br>08<br>08<br>09 |
| **II- أنواع الصيانة، عملياتها وتكاليفها** ..... | 10 |
| **II- 1 أنواع الصيانة** .....<br>II- 1- 1 الصيانة العلاجية.....<br>II- 1- 2 الصيانة الوقائية..... | 10<br>11<br>11 |

| | |
|---|---|
| II- 1- 3 الصيانة المخططة..... | 11 |
| II- 1- 4 الصيانة غير المخططة..... | 12 |
| **II- 2 عمليات الصيانة** ..... | 13 |
| II- 2- 1 عمليات الصيانة العلاجية..... | 13 |
| II- 2- 2 عمليات الصيانة الوقائية..... | 14 |
| **II- 3 تكاليف الصيانة**..... | 16 |
| II- 3- 1 أنواع تكاليف الصيانة..... | 16 |
| II- 3- 1- 1 تكاليف الصيانة المباشرة..... | 16 |
| II- 3- 1- 2 تكاليف الصيانة غير المباشرة ..... | 17 |
| II- 3- 2 العلاقة بين تكاليف الصيانة الكلية وتكاليف الصيانة العلاجية والوقائية.... | 17 |
| II- 3- 3 مؤشرات تحليل تكاليف الصيانة..... | 18 |
| **III- أنظمة وسياسات الصيانة** ..... | 18 |
| **III- 1 أنظمة الصيانة** ..... | 18 |
| **III- 2 سياسات الصيانة**..... | 19 |
| III- 2- 1 الصيانة بالاعتماد على المصادر الداخلية..... | 20 |
| III- 2- 2 الصيانة بالاعتماد على المصادر الخارجية..... | 20 |
| III- 2- 3 الاستعانة بمصادر خارجية..... | 21 |
| III- 2- 4 التعاقد من الباطن..... | 21 |
| III- 2- 5 الصيانة التشاركية..... | 21 |
| **IV- مهام إدارة الصيانة** ..... | 21 |
| **IV- 1 تخطيط أعمال الصيانة**..... | 21 |
| IV- 1- 1 مفهوم تخطيط أعمال الصيانة..... | 22 |
| IV- 1- 2 أهداف تخطيط أعمال الصيانة..... | 22 |
| IV- 1- 3 مستويات تخطيط أعمال الصيانة..... | 22 |
| IV- 1- 3- 1 التخطيط طويل الأجل..... | 22 |
| IV- 1- 3- 2 التخطيط متوسط الأجل..... | 23 |
| IV- 1- 3- 3 التخطيط قصير الأجل..... | 23 |
| IV- 1- 4 مستلزمات تخطيط أعمال الصيانة..... | 23 |
| IV- 1- 5 أساليب تخطيط أعمال الصيانة..... | 24 |
| **IV- 2 تنظيم أعمال الصيانة** ..... | 24 |
| IV- 2- 1 مفهوم تنظيم أعمال الصيانة..... | 25 |
| IV- 2- 2 العوامل الواجب توفرها لتنظيم أعمال الصيانة..... | 25 |
| IV- 2- 3 التنظيم الإداري لصيانة..... | 25 |
| IV- 2- 3- 1 التنظيم المركزي..... | 26 |
| IV- 2- 3- 2 التنظيم اللامركزي..... | 27 |
| IV- 2- 3- 3 التنظيم المصفوفي..... | 28 |
| **IV- 3 التنفيذ والرقابة على أعمال الصيانة**..... | 29 |
| IV- 3- 1 التنفيذ أعمال الصيانة..... | 29 |
| IV- 3- 2 الرقابة على أعمال الصيانة..... | 30 |
| **خلاصة الفصل الأول**..... | 31 |

| | |
|---|---|
| **الفصل الثاني : نماذج شبكات الأعمال** | 56 - 33 |
| **تمهيد الفصل الثاني** ..... | 33 |
| **I- مدخل لشبكات الأعمال** ..... | 34 |
| **I- 1 لمحة تاريخية عن شبكات الأعمال**..... | 34 |
| **I- 2 مفهوم شبكات الأعمال**..... | 34 |
| I- 2- 1 تعريف التحليل الشبكي..... | 34 |
| I- 2- 2 تعريف بعض المصطلحات المستخدمة..... | 35 |
| I- 2- 3 قواعد وأسس بناء شبكات الأعمال..... | 36 |
| **I- 3 أهمية التخطيط الشبكي** ..... | 37 |
| **II- النماذج التقليدية لشبكات الأعمال** ..... | 38 |
| **II- 1 مخطط جانت Gantt chat**..... | 38 |
| II- 1- 1 تعريف أسلوب جانت Gantt..... | 38 |
| II- 1- 2 مزايا أسلوب جانت Gantt..... | 39 |
| II- 1- 3 عيوب أسلوب جانت Gantt..... | 39 |
| **II- 2 طريقة المسار الحرج CPM**..... | 40 |
| II- 2- 1 تعريف طريقة المسار الحرج CPM..... | 40 |
| II- 2- 2 خطوات تحديد المسار الحرج CPM..... | 40 |
| II- 2- 3 مزايا طريقة المسار الحرج CPM..... | 41 |
| II- 2- 4 عيوب طريقة المسار الحرج CPM..... | 41 |
| **II- 3 أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT** ..... | 42 |
| II- 3- 1 تعريف أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT..... | 42 |
| II- 3- 2 الخطوات المتبعة في تحليل أسلوب PERT..... | 42 |
| II- 3- 3 مزايا أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT..... | 44 |
| II- 3- 4 عيوب أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT..... | 45 |
| **III- النماذج الحديثة لشبكات الأعمال** ..... | 45 |
| **III- 1 تقنية التقويم البياني والمراجعة GERT** ..... | 45 |
| III- 1- 1 تعريف أسلوب GERT ..... | 45 |
| III- 1- 2 خطوات تحليل أسلوب GERT ..... | 46 |
| III- 1- 3 عناصر شبكة GERT..... | 46 |
| **III- 2 التخطيط الشبكي بنظرية المجموعات الضبابية**..... | 47 |
| III- 2- 1 مفاهيم حول المجموعات الضبابية..... | 47 |
| III- 2- 2 العمليات على المجموعات الضبابية..... | 48 |
| III- 2- 3 تحليل شبكة PERT باستخدام تقديرات نظرية المجموعات الضبابية..... | 51 |
| **خلاصة الفصل الثاني** ..... | 56 |
| **الفصل الثالث : دراسة تطبيقية في حقل غورد الباقل REB - سوناطراك -** | 94 - 58 |
| **تمهيد الفصل الثالث**..... | 58 |
| **I- نبذة عامة عن حقل غورد الباقل REB - سوناطراك -**..... | 59 |

| | |
|---|---|
| **I- 1 عرض لحقل REB - سوناطراك -**..... | 59 |
| I- 1- 1 التطور التاريخي لحقل REB - سوناطراك -..... | 60 |
| I- 1- 2 موقع حقل REB - سوناطراك -..... | 60 |
| I- 1- 2- 1 جغرافيا..... | 60 |
| I- 1- 2- 2 جيولوجيا..... | 61 |
| **I- 2- الهيكل التنظيمي لحقل REB - سوناطراك -**..... | 61 |
| **I- 3- وصف حقل REB - سوناطراك -**..... | 63 |
| I- 3- 1 مركز إنتاج النفط (CPF)..... | 63 |
| I- 3- 2 مركز إنتاج الغاز (TCF) ..... | 67 |
| **II- إدارة الصيانة في حقل غرد الباقل REB - سوناطراك -**..... | 69 |
| **II- 1 الصيانة وبعدها التنظيمي في حقل غورد الباقل REB - سوناطراك -**..... | 69 |
| II- 1- 1 مصلحة التخطيط والطرائق..... | 70 |
| II- 1- 2 مصلحة الميكانيك..... | 71 |
| II- 1- 3 مصلحة الكهرباء..... | 71 |
| II- 1- 4 مصلحة أجهزة القياس و الضبط..... | 71 |
| **II- 2 مستوياتها وسياسات الصيانة المتبعة في حقل غورد الباقل REB- سوناطراك -** | 72 |
| II- 2- 1 مستويات الصيانة..... | 72 |
| II- 2- 2 سياسات الصيانة ..... | 73 |
| II- 2- 2- 1 الصيانة الإصلاحية..... | 74 |
| II- 2- 2- 2 الصيانة الوقائية ..... | 75 |
| **III- استخـــدام أسلوب التحليل الشبكي لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية في حقل REB غورد الباقل - سوناطراك -**..... | 78 |
| **III- 1 تطبيق طريقة CPM و طريقة PERT لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية**..... | 78 |
| III-1- 1 أسلوب المسار الحرج CPM ..... | 81 |
| III-1- 2 أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT ..... | 82 |
| **III- 2 استخدام أسلوب Fuzzy PERT لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية**..... | 84 |
| **خلاصة الفصل الثالث**..... | 94 |
| **الخاتمة العامة** | 96 |
| **قائمة المصادر والمراجع** | 100 |
| **قائمة الملاحق** | 106 |

# قائمة الجداول


| رقم الجدول | عنوان الجدول | الصفحة |
|---|---|---|
| 1 | التطور التاريخي لإستراتيجية الصيانة. | 06 |
| 2 | مؤشرات تحليل تكاليف الصيانة. | 18 |
| 3 | الشكل المصفوفي للعلاقات. | 49 |
| 4 | تصنيف العمال في الحقل. | 63 |
| 5 | توزيع عمال إدارة الصيانة حسب المصالح و المؤهلات. | 70 |
| 6 | أنشطة الصيانة أزمنتها والأسبقية فيما بينها. | 78 |
| 7 | الأزمنة المتوقعة لعمليات تفتيش مسار الغاز الساخن HGPI في التوربين . | 80 |
| 8 | النتائج التي تم الحصول عليها بأسلوب CPM. | 81 |
| 9 | النتائج التي تم الحصول عليها بأسلوب PERT. | 83 |
| 10 | الأزمنة الضبابية للمشروع. | 84 |
| 11 | النتائج المتحصل عليها من حساب البداية المبكرة ($\overline{E}_i$) و البداية المتأخرة ($\overline{L}_i$) . | 88 |
| 12 | أزمنة بداية ونهاية كل نشاط وفق أسلوب Fuzzy PERT. | 90 |
| 13 | نتائج حساب القيم الهوامش الكلية الضبابية ($\overline{F}F_{ij}$) والهوامش الحرة الضبابية($\overline{T}F_{ij}$). | 92 |

# قائمة الأشكال


| الرقم الشكل | عنوان الشكل | الصفحة |
|---|---|---|
| 1 | أهمية الصيانة الفعالة. | 09 |
| 2 | المفهوم الحديث لتصنيف الصيانة. | 13 |
| 3 | العلاقة بين تكاليف الصيانة الكلية وتكاليف الصيانة العلاجية والوقائية | 17 |
| 4 | الهيكل التنظيمي المركزي لإدارة الصيانة. | 27 |
| 5 | الهيكل التنظيمي اللامركزي لإدارة الصيانة. | 28 |
| 6 | الهيكل المصفوفي لإدارة الصيانة. | 30 |
| 7 | التمثيلات المختلفة للحدث. | 35 |
| 8 | مقارنة بين المجموعة التقليدية والمجموعة الضبابية. | 48 |
| 9 | الهيكل التنظيمي لحقل REB - سوناطراك - | 62 |
| 10 | الهيكل التنظيمي لقسم الصيانة. | 72 |
| 11 | مراحل عمليات التفتيش في التوربين. | 77 |
| 12 | شبكة الأعمال الخاصة بعمليات تفتيش مسار الغاز الساخن في التوربين. | 79 |
| 13 | شبكة الأعمال موضح عليها المسار الحرج. | 82 |
| 14 | الزمن الضبابي للأنشطة. | 85 |
| 15 | شبكة الأعمال حسب أسلوب Fuzzy PERT. . | 86 |

# قائمة الرموز و المختصرات

| الرقم | الرمز | المصطلح باللغة الانجليزية | المصطلح باللغة العربية |
|---|---|---|---|
| 1 | NMC | Center maintenance national | مركز الصيانة الوطنية |
| 2 | TPM | Total productive maintenance | الصيانة الإنتاجية الشاملة |
| 3 | CM | Corrective maintenance | الصيانة العلاجية |
| 4 | PM | Préventive maintenance | الصيانة الوقائية |
| 5 | PM | Planned maintenance | الصيانة المخططة |
| 6 | UM | Unplanned maintenance | الصيانة غير المخططة |
| 7 | FBM | Failure Based Maintenance | الصيانة حسب العطل |
| 8 | UBM | Use Based Maintenance | الصيانة بحسب الاستعمال |
| 9 | CBM | Condition Based Maintenance | الصيانة بحسب الحالة |
| 10 | CPM | Critical path méthod | أسلوب المسار الحرج |
| 11 | PERT | Programme evaluation and review technique | أسلوب المراجعة وتقييم البرامج |
| 12 | GERT | Graphical evaluation and review technique | تقنية التقويم البياني والمراجعة |
| 13 | REB | Rhourde El Baguel | غورد الباقل |
| 14 | BP | British Petroleum | بريتش بيتروليوم |
| 15 | CPF | Central Processing Facilities | مركز إنتاج النفط |
| 16 | TCF | Turbo Compressing Facilities | مركز إنتاج الغاز |
| 17 | TEG | Tri - Ethylène - Glyco | ثلاثي - الإيثيلين - جليكول |
| 18 | WO | Work Order | طلب العمل |
| 19 | SI | Standby inspections | التفتيش الاحتياطي |
| 20 | CI | Combustion inspections | تفتيش الاحتراق |
| 21 | HGPI | Hot gas path inspections | التفتيش مسار الغاز الساخن |
| 22 | MI | Major inspections | التفتيش الرئيسية |
| 23 | ES | Earliest Starting | البداية المبكرة |

| | | | |
|---|---|---|---|
| البداية المتأخرة | Latest Starting | LS | 24 |
| النهاية المبكرة | Earliest Finishing | EF | 25 |
| النهاية المتأخرة | Latest Finishing | LF | 26 |
| البداية المبكرة الضبابية | Fuzzy Earliest Starting | FES | 27 |
| النهاية المبكرة الضبابية | Fuzzy Earliest Finishing | FEF | 28 |
| البداية المتأخرة الضبابية | Fuzzy Latest Starting | FLS | 29 |
| النهاية المتأخرة الضبابية | Fuzzy Latest Finishing | FLF | 30 |
| الهوامش الكلية الضبابية | Fuzzy Total Slack | TF | 31 |
| الهوامش الحرة الضبابية | Fuzzy Free Slack | FF | 32 |

# المقدمة العامة

**المقدمة العامة :**

شهد النصف الأخير من القرن العشرين تطورات هائلة في مجال العلم والمعرفة والتكنولوجيا الأمر الذي انعكس على المؤسسات الصناعية و الخدمية التي اضطرت لمسايرة هذه التطورات والتفاعل معها. كما أن شدة المنافسة في الأسواق العالمية استلزمت زيادة الإنتاجية وضمان عدم توقف عمليات الإنتاج والاهتمام بمستوى الجودة كما استدعت بالضرورة الاهتمام بوظيفة الصيانة كوظيفة إستراتيجية في المؤسسة تقوم بالاهتمام بهذه المعدات بتبني سياسات الصيانة المخططة وتطبيق الأساليب الحديثة في الإدارة من تخطيط ومتابعة وتنظيم.

تعتبر وظيفة الصيانة من القضايا الجديرة بالاهتمام والبحث وذلك للأهمية التي تكتسبها أعمال الصيانة، ولكنها لم تجد تلك الأهمية التي جذبت الكتاب نحو التسويق أو الوظائف البحثية في المجالات الإدارية المختلفة ولعل من أوائل المهتمين بالصيانة والذين لفتوا الأنظار إلى أهميتها هم العاملون بالوظائف الإنتاجية ونلمس هذه الأهمية حينما نجد عمليات إنتاجية غير أمنة أو انقطاع في أوقات الإنتاج، أو تعطلا في القوى المحركة.

ونظرا لما تتعرض له وسائل الإنتاج من الآلات والمعدات في المؤسسات الصناعية خاصة إلى جملة من المشاكل التي تعيق من إنتاجيتها وكفاءتها مخلفة بذلك خسائر جسيمة نتيجة لتوقف العمل بخطوط الإنتاج والأعطال المتكررة الناجمة عن تأخر إجراءات الصيانة الوقائية إن لم يكن انعدامها، وحتى الصيانة العلاجية أو سوء التشغيل والإهمال.

لذلك بات من الضروري أن تصاحب هذه المشاكل إجراءات عملية لتطبيق أعمال الصيانة بأوقات معينة تضمن عن طريقها استمرار العلميات التشغيلية بكفاءة عالية ومنع حدوث التوقفات المفاجئة وبأقل كلفة ممكنة، ولغرض بلوغ هذا الهدف لابد من اعتماد أساليب متطورة تضمن لنا اختيار الوقت المناسب للتنفيذ مقروناً بأقل كلفة ممكنة ولتحقيق ذلك يتم اعتماد أسلوب التحليل الشبكي والتي أصبحت من الأساليب التي يمكن الاعتماد عليها في تخطيط وتنفيذ أعمال الصيانة.

ومن هنا يمكن **طرح الإشكالية** التالية :

**كيف يساهم تطبيق أسلوب التحليل الشبكي في تخطيط أعمال الصيانة الوقائية؟**

وعلى ضوء هذه الإشكالية يمكن طرح التساؤلات الفرعية التالية:

- ما المقصود بالصيانة وما مدى أهميتها داخل المؤسسات الاقتصادية؟
- ما المقصود بالتخطيط الشبكي وما هي أهم نماذج شبكات الأعمال المستخدمة في تخطيط وجدولة أعمال الصيانة ؟

وللإجابة على التساؤلات الفرعية قمنا بصياغة الفرضية التالية:

- يساهم أسلوب التحليل الشبكي في التخطيط الجيد والأمثل لأعمال الصيانة.

التي تنبثق منها الفرضية الفرعية التالية :

- يساهم أسلوب Fuzzy PERT في التخطيط الأمثل لأعمال الصيانة الوقائية.

**أهداف الدراسة وأهميتها:**

تتمثل أهداف الدراسة فيما يلي :

- نشر المفاهيم الأساسية التقليدية والمستحدثة لموضوعي الصيانة وأساليب شبكات الأعمال.
- بيان وتوضيح كيفية استخدام أساليب التخطيط الشبكي بشكل علمي في تخطيط تنظيم ورقابة عمليات الصيانة.
- وضع تسلسل منطقي لتنفيذ أعمل الصيانة ومعالجة الفوضى في العملية .

أما أهمية الدراسة تتمثل فيما يلي :

- المساهمة في تحفيز الباحثين والدارسين لإجراء البحوث والدراسات الميدانية التي تهدف إلى معالجة المشكلات التي تعاني منها المؤسسات الصناعية والإنتاجية في إدارة الصيانة.
- محاولة إبراز أهمية الصيانة ضمن منظور جديد، وهو البعد الإداري لما له من دور كبير في تخفيض تكاليف الإنتاج والمحافظة على استمرار العملية الإنتاجية.
- دور إدارة الصيانة في تقليص الحوادث الصناعية الخطيرة وتوفير الأمن والسلامة المهنية.

**حدود الدراسة:**

- الحدود الزمنية:

تم تطبيق الدراسة التطبيقية استنادا على معطيات المؤسسة للفترة 2018-2019.

- الحدود المكانية:

تقتصر الدراسة على الحيز المكاني المحدد والمتمثل في دراسة حقل غورد الباقل ("CHAMP DE RHOURDE EL BAGUEL"SONATRACH) بحاسي مسعود ولاية ورقلة.

**دوافع اختيار الموضوع:**

إن اختيار الموضوع يرجع لعدة أسباب هي :

- الميول الشخصية للموضوعات التي تتعلق بالغموض السائد حول اختيارنا موضوع الصيانة ورغبتنا في معاجلة هذا الغموض المحيط به، لأن هذا الاختيار تتحدد على أساسه مراحل لاحقة يعيشها الباحث أثناء تفاعله مع الموضوع وهو يعود أيضا لأهمية وحساسية مشكلة البحث.
- الدور الفعال التي تلعبه الصيانة في الحفاظ على التجهيزات الإنتاجية وحتى الخدمية.
- قلة الدراسات الأكاديمية والبحوث الجامعية التي تناولت موضوع الصيانة.

- تركيز معظم المسيرين في الإدارات على اعتماد قرارات ارتجالية دون اللجوء إلى أسس علمية .
- محاولة تقديم أساليب وبرامج تساعد في تحسين فعالية إدارة الصيانة.
- إبراز أهمية وفعالية التخطيط لأعمال الصيانة باستخدام أسلوب شبكات الأعمال.

**صعوبات الدراسة:**

- قلة المراجع التي تتناول موضوع الصيانة خاصة باللغة العربية.
- صعوبة الحصول على المعلومات الضرورية لعملية الدراسة والتي تعود أساسا إلى عدم توثيقها و الاحتفاظ بها.

**مرجعية الدراسة:**

فيما يخص الجزء النظري استخدمنا الكثير من كتب بحوث العمليات وإدارة الصيانة وأيضا مذكرات الماجستير والدكتوراه بالإضافة إلى مقالات، أما الجانب التطبيقي اعتمدنا على بيانات المؤسسة.

**الدراسات السابقة:**

إن الدراسات التي تناولت موضوع الصيانة قليلة نوعا ما ومن بينها ما يلي :

- مغبر فاطمة الزهراء " تخطيط أعمال الصيانة باستخدام الأساليب الكمية " مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية تخصص بحوث العمليات وتسيير المؤسسات جامعة أبي بكر بلقايد، السنة الجامعية 2010 -2011.

  حيث تناولت هذه الدراسة كيفية تطبيق الأساليب الكمية في تخطيط أعمال الصيانة من أجل تحسين سير العملية الإنتاجية توصلت إلى أن الدور الفعال للصيانة في ترشيد استغلال واستخدام الطاقة الإنتاجية المتاحة يتطلب انتهاج أساليب علمية حديثة في تنفيذ أعمالها بجودة أكبر و تكلفة أقل.

- سوسن الزبيري"استخدام طريقة المسار الحرج لتخطيط أعمال الصيانة في محطة لإنتاج الطاقة الكهربائي"مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد(30)، العدد(8) 2012.

  حيث تناولت دراسة أسلوب الصيانة الوقائية في المحطة بشكل عام وفعاليات فحص غرف الاحتـراق CI (Inspection Chamber Combustion) للتوربين الغازي بشكل خاص، واستخدم أسلوب المسار الحرج للتخطيط لإجراء تلك الفعاليات. تم التوصل إلى إمكانية تقليل الوقت اللازم لأعمال الصيانة الخاصة بفحص غرف الاحتراق للأجزاء الميكانيكية لوحدة التوربين الغازي في المحطة بمقدار يومين من الوقت الحالي، وأربعة أيام في حال تعجيل بعض فعاليات المسار الحرج.

- جنان صقور"استخدام التخطيط الشبكي في برمجة عمليات الصيانة وتطبيقه على شركة النسيج اللاذقية" مجلة جامعة تشرين لمبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية المجلد(39) العدد (3) 2017.

تناول هذا البحث تطبيقاً للتخطيط الشبكي كأداة لتخطيط وجدولة ورقابة عمليات الصيانة و خلص إلى أن استخدام طرائق التخطيط الشبكي PERT – CPM كأداة من أدوات الرقابة على عمليات الصيانة يسمح لمدير المشروع بالمراقبة الدقيقة لأزمنة إنجاز النشاطات ويتيح له أيضاً اتخاذ القرار المناسب في استعارة بعض الموارد المدخلة في إنجاز نشاط يملك فائضاً زمنياً كبير إلى نشاط آخر لديه فائض زمني من أجل تحقيق عملية الصيانة في الزمن المحدد لها.

- عمر أتلي "Aircraft Maintenance planning Using Fuzzy Critical Path analysis" قسم الهندسة الصناعية، جامعة اسطنبول التقنية، تركيا، أبريل 2012.

الهدف من هذه الدراسة هو تقليل وقت تخطيط صيانة الطائرات وإظهار كيفية إنشاء خطة مع تحليلات المسار الحرج في بيئة غامضة.

تستخدم هذه الورقة خوارزمية المسار الحرج الضبابي لمعالجة المشكلة في تحليل قرار عملية تخطيط صيانة الطائرات. تأخذ الطريقة في الاعتبار موقف (متفائل / متشائم) من صانعي القرار. وبالتالي، من خلال إجراء تقييمات وقت نشاط غامض أو غير غامض يمكن لصناع القرار الحصول تلقائيًا على المسار الحرج المبهم.

تظهر النتائج وقت إنجاز عمليات إصلاح / إصلاح محرك التوربينات يتراوح بين 548 و 604 ساعة عمل، أي (474، 548، 604، 678). والمسار الذي تؤثر فيه عمليات صيانة محركات الطائرات هو المسار الخامس.

- م. موشيدي " An analysis of effective maintenance planning at a steel manufacturer " أطروحة مقدمة للحصول على درجة الماجستير في إدارة الأعمال في جامعة نورث ويست بوتشفستروم، جنوب إفريقيا، أكتوبر 2014.

تبحث هذه الدراسة في المعيار الحالي لتخطيط الصيانة في منشأة لتصنيع الصلب في جنوب إفريقيا.

تبدأ الدراسة بدراسة أدبية شاملة لإيجاد خصائص جيدة للتخطيط والتي يجب أن تكون موجودة في أي منشأة تعمل على النحو الأمثل في أداء تخطيط صيانة ممتاز بفعالية وكفاءة.
تظهر نتائج الدراسة التجريبية أن بيئة الصيانة الحالية في مصنع الصلب ليست مثالية.

وتتفق هذه الدراسات مع بحثنا كون هذه الدراسات اهتمامها بالتحليل الشبكي ودوره في التخطيط أعمال الصيانة. غير أنها لم تتناول في موضوعها التقنيات الحديثة للتحليل الشبكي والتي سوف نقوم بدراسة أحد أهم أساليبها من خلال بحثنا ألا وهي شبكة بيرت الضبابية Fuzzy PERT.

## منهجية الدراسة:

من أجل الإجابة على الإشكالية السابقة الذكر والإحاطــة بالموضوع من كل جوانبـه وفي نفس الوقت نحافظ على التسلل المنطقي والتدرج في طرح الأفكار قدر الإمكان سنعتمد على **المنهج الوصفي التحليلي** من جهة والذي يُعتمد في الدراسة النظرية وهذا لتوضيح المفاهيم الأساسية لإدارة الصيانة والمبادئ المستخدمة في عملية التخطيط الشبكي، وذلك بالاعتماد على المصادر المكتبية من مراجع علمية وأبحاث قدمت في هذا المجال.

كما تأخذ الدراسة **منهج التحليل الكمي** وذلك بالاعتماد على برنامج **Win QSB** في تحليل بيانات المؤسسة والحصول على النتائج لإلقاء مزيد من الضوء على ظاهرة الدراسة ولإسقاطها على الواقع العملي للمؤسسات الجزائرية، حيث تم اختيار حقل غورد الباقل التابع لشركة سوناطراك كنموذج لتطبيق ما تم تناوله في الجانب النظري للموضوع على أرض الواقع.

## هيكل الدراسة:

من أجل تحليل هذا الموضوع بصفة جيدة وواضحة توجب علينا تخصيص جانبين للدراسة الجانب النظري والجانب التطبيقي.

**الجانب النظري** يحتوي على فصلين حيث :

**الفصل الأول : مفاهيم أساسية حول الصيانة.**

سنتناول من خلال هذا الفصل مفهوم الصيانة والتطور التاريخي لها إلى جانب أسبابها أهميتها وأهدافها، وكذلك أنواع الصيانة، عملياتها وتكاليفها ثم نتطرق إلى أنظمة وسياسات الصيانة بالإضافة إلى مهام إدارة الصيانة المتمثلة في تخطيط، تنظيم، تنفيذ والرقابة على أعمال الصيانة .

**بينما الفصل الثاني : نماذج شبكات الأعمال**

حيث سوف نتطرق إلى النماذج التقليدية لشبكات الأعمال (مخطط جانت، CPM وPERT) ونماذج شبكات الأعمال الحديثة (تقنية التقويم البياني والمراجعة GERT، التخطيط الشبكي ونظرية المجموعات الضبابية).

**أما الجانب التطبيقي** فنتناول الفصل الثالث والذي سنحاول من خلاله إسقاط ما تعرضنا له في الجانب النظري على الوحدة محل الدراسة حيث تم في البداية تقديم المؤسسة محل الدراسة يليها تشخيص لواقع إدارة الصيانة وسياساتها المتبعة في المؤسسة. ثم نقوم بتطبيق التقنيات التقليدية وذلك باستخدام تقنية (CPM) و (PERT) والتقنيات الحديثة باستخدام طريقة بيرت الضبابية Fuzzy PERT. من أجل تخطيط أعمال الصيانة الوقائية بالمؤسسة.

# الفصل الأول

## تمهيد:

استثمرت المؤسسات الصناعية خلال السنوات الأخيرة مبالغ طائلة في شراء المعدات والتجهيزات وإقامة المصانع والوحدات الإنتاجية تنفيذا لاستراتيجيات التنمية التي وضعتها هذه المؤسسات وبانتهاء مراحل الشراء والتركيب وبدء تشغيل معدات هذه المصانع ظهرت الحاجة الملحة لصيانة هذه المعدات والأجهزة وفق أسس علمية صحيحة لتحقيق أقصى استفادة منها ولضمان استمرار تشغيلها طوال فترة الإنتاج المخطط ولتفادي مختلف الخسائر الجسمية الناتجة عن توقف العمل بخطوط الإنتاج من أجل ذلك استدعى الأمر الاهتمام أكثر بإدارة الصيانة.

ومن خلال هذا الفصل سنحاول الإلمام بالعناصر التالية :

**I-** مدخل إلى الصيانة.

**II-** أنواع الصيانة، عملياتها وتكاليفها .

**III-** أنظمة وسياسات الصيانة .

**IV-** مهام إدارة الصيانة .

## I- مدخل إلى الصيانة :

نتيجة للتقدم التكنولوجي والتعقيد في ميكنة العمليات داخل المؤسسة أصبحت الصيانة من المواضيع المهمة للمديرين ومسيري المؤسسات بسبب المشاكل التي تعترض سيرورة العمل كتعطل أو تلف التجهيزات المستخدمة مما يجعل المؤسسات في حاجة ضرورية إلى صيانة أجهزتها وآلاتها التي تعود بها إلى فاعليتها التشغيلية وفي الوقت المناسب، إذ تقوم الصيانة على منع عرقلة الإنتاج وضمان السير الدائم للعمليات وتحقيق المخرجات بالمواصفات المطلوبة لذلك تعد الصيانة عملية قائمة بحد ذاتها تساهم في زيادة الاستخدام الجيد للتجهيزات في مختلف المؤسسات بغية تعزيز جودة منتجاتها وتحسين أدائها. وهذا المبحث يلقي الضوء على بعض المفاهيم المتعلقة بالصيانة من حيث، التطور التاريخي للصيانة، تعريفها، أسبابها، أهميتها وأهدافها.

## I- 1 مفهوم الصيانة وتطورها التاريخي :

### I- 1- 1 مفهوم الصيانة :

**الصيانة لغة :** هي مجموعة من الأفعال التي تسمح بحفظ، حماية ووقاية الجهاز.

اختلف الكتاب والمفكرون في وضع تعريف جامع يحدد مفهوم الصيانة وهذا انعكاس طبيعي لزيادة أهمية الصيانة ودورها في مجالات الحياة المختلفة حيث لدى الدراسات المتوفرة مجموعة كبيرة من التعاريف نذكر منها :

الصيانة "هي مجموعة من الإجراءات الفنية والإدارية خلال دورة حياة الممتلكات، تهدف إلى الحفاظ عليها أو استعادتها في الحالة التي يمكن فيها أداء الوظيفة المطلوبة".
(François Monchy, 2015, P15)

وعرفت الصيانة على أنها المحافظة على أداة العمل جيدة الإنتاج من خلال الصيانة والإصلاح واستكشاف الأخطاء وإصلاحها.

(Georges Javel, 2015, P151)

وعرفها معهد المقاييس الفرنسي على أنها الوظيفة التي تقدم كل شيء ضروري لتجعل المعدات والمكائن جاهزة للعمل في الوقت المناسب.

أما معهد المقاييس الألماني فقد صرح بأن الصيانة هي مجموعة الإجراءات المتعاقبة المصممة لضمان تهيئة المعدات والمكائن للعملية الإنتاجية وبما يجعلها جاهزة للقيام بالأعمال المطلوبة .

أما معهد المقاييس البريطاني فقد عرفها على أنها مجموعة أو تشكيلة من الأفعال والنشاطات الفنية والإدارية والخدمية المقصودة تعمل على توفير وتهيئة المكائن والمعدات وتجهيزها للعملية الإنتاجية.

(شوقي ناجي جواد،2010، ص525-526)

ولقد عرف (Mann) بأنها الأنشطة والفعاليات اللازمة للمحافظة على التسهيلات كما لو كانت في ظروف إنشائها والاستمرار بامتلاك طاقتها الإنتاجية الأصلية .

أما (Dilworth) فعرف الصيانة على أنها جميع الجهود اللازمة للمحافظة على معدات الإنتاج في حالة تشغيل مقبولة.

في حين عرف (Slack) الصيانة بأنها مجموعة الفعاليات الفنية والإدارية التي تهدف إلى حفظ الجزء وإعادته إلى الحالة الطبيعية لأداء الغرض المطلوب .

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص14)

أما الاقتصاديين فقد عرفوا الصيانة بأنها نفقات تهدف إلى المحافظة على مستوى أفضل لاستمرار إنتاجية الشركة شأنها شأن النفقات الإنتاجية والاستثمار لفائدة الصيانة والإصلاح في تجنب تحمل تكاليف حدوث أعطال عن طريق برامج الصيانة.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص15)

ولقد طور مركز الصيانة الوطنية N.M.C (National Maintenance Center) مفهوم الصيانة وعرفها بمصطلح جديد أطلق عليه التيروتكنولوجي Terotchnology وهو مزيج من التطبيقات الإدارية والمالية والهندسية التي تطبق على الموجودات المادية وتتعقب دورة حياتها الاقتصادية وتهتم بمواصفات وتصميم المصنع والمعدات والمباني للتأكد من إمكانية الاعتماد عليها وإجراء الصيانة اللازمة لها .
فضلا عن الاهتمام بنصبها وتركيبها و التأكد من صلاحية استعمالها وإجراء التحويلات عليها واستبدالها بالاعتماد على البيانات التي يحصل عليها بالتغذية العكسية عن تصميمها وانجازها وتكاليفها.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص16)

من خلال ما تقدم يمكننا القول بأن وظيفة الصيانة لم تلق الاهتمام الكافي في السابق بل اعتبرت وظيفة ثانوية باهظة التكاليف. في حين يشير واقع الحال إلى أن أهداف وأبعاد هذه الوظيفة متعددة ولها توجهات أوسع مما كان يعتقد. إذ أن نشاط الصيانة يتضمن مجموعة من الاعتبارات الفنية والاقتصادية والمالية، فضلا عن الاعتبارات الإنتاجية، كما أن وظيفة الصيانة لا تخدم العملية الإنتاجية فقط بل هي وظيفة لمجمل نشاطات المنظمة. حتى أن البعض اعتبرها واحدة من مجموعة ركائز المنظمة.

## I- 1- 2 التطور التاريخي لصيانة :

لم تحظى الصيانة في الماضي بالاهتمام مثلما نال غيرها من الوظائف الأخرى كالتسويق والبحوث هذا بالإضافة إلى عدم التركيز عليها كما كان الشأن بالنسبة للعمليات الإنتاجية وكان ذلك راجعا إلى أن الآلات والمعدات تتميز بالبساطة وعدم التعقيد ومحدودية العدد مقابل يد عاملة صناعية مهمة.

(Smail Benissaad, 2008, P01)

ثم بدأت المصانع في الاتساع وتعقد المعدات والآلات واحتاجت إلى الدقة لتداخل العمليات الصناعية وتطوير الأجهزة والماكينات لما تحتاجه المنتجات من زيادة في الإتقان كما أن الأتمتة والتقدم التقني ساهم في تعقيد النواحي الهندسية. وساعد هذا التطور على فتح أسواق واسعة نحو إدخال التكنولوجيا وتغلغلها في جميع أوجه الأنشطة الصناعية، ذلك مما أدى إلى ضرورة التخصص في عمليات الصيانة وبدء ظهور إدارة لها تقدم خدماتها المستقلة عن إدارة الإنتاج ولكنها بقية تشكل دعامة للإنتاج كما ونوعا، وغدا نجاح وحدة الإنتاج واستمرار تشغيلها مرهونا بكفاءة إدارة الصيانة وفاعليتها.

(جاسم مجيد،2004، ص98)

ويمكن تحديد المراحل التاريخية لتطور الصيانة بالجدول الأتي :

**الجدول رقم (1) :** التطور التاريخي لإستراتيجية الصيانة.

| السنوات | التطورات الحاصلة |
|---|---|
| قبل سنة 1900 | - إصلاح العطل بعد حدوثه أو ما يسمى حاليا بالصيانة العلاجية. |
| 1900 -1950 | تم استعمال مفهوم الصيانة وذلك بتطور السكك الحديدية والسيارات والطائرات والأسلحة خلال الحربين العالميتين من أجل :<br>- زيادة إنتاجية المكائن .<br>- إطالة العمر الإنتاجي للمعدات.<br>- تقليل التكاليف. |
| 1950 -2000 | التطور في مختلف القطاعات كان له الأثر البالغ في استعمال الصيانة بالمفهوم الحديث الذي يلزم بضمان الأداء<br>- الجودة الأفضل للإنتاج.<br>- الأمان الأكثر.<br>- عدم الإضرار بالبيئة. |
| 2000 وما بعد | الانتقال إلى تعلم كيفية السيطرة والتحكم في النظم الآلية ومنع الحوادث مع تجنب تجاوز عتبة التكاليف المسموح بها وبتالي تم التركيز على:<br>- تطوير الصيانة الوقائية بمشاركة العاملين.<br>- استخدام برامج الحاسوب.<br>- استخدام الصيانة الإنتاجية الشاملة TPM. |

**المصدر:** من إعداد الطالبين ( تجميع من مصادر مختلفة )

كما رأينا سابقا ونتيجة لتطور الحاصل أصبحت الصيانة محل اهتمام كبير من المنظمات لما لها من دور في منع عرقلة الإنتاج والحفاظ على المعدات في حالة تشغيل، كما أصبحت أعمال الصيانة عبارة عن تكلفة استثمار يرتجى من ورائها تحقيق الأرباح.

## I- 2 أسباب الصيانة :

ظهرت الحاجة إلى الصيانة باعتبارها النشاط الحيوي المؤثر على فاعلية العمل وإنتاجيته وكذالك لأن هدفها الجوهري هو منع أو تحاشي الانقطاع في الإنتاج والحفاظ على التجهيزات في حالة تشغيل، ومع ذلك أعمال الصيانة لها تكاليفها التي تسعى المؤسسة إلى الوصول بها إلى أدنى حد ممكن حتى تستطيع تعظيم أرباحها.

(زرقي عمار،2012، ص71)

وترتبط الصيانة ارتباطا وثيقا بالأعطال والتوقفات التي تواكب أداة العملية الإنتاجية، فكلما حدث عطب معين أو تم التنبؤ بإمكانية حدوثه إلا وتطلب الأمر صيانة تجهيزات الإنتاج وتحدث هذه الأعطال والتوقفات نتيجة أسباب عدة، هذه الأسباب إما تعود إلى الآلة نفسها وطريقة تصحيحها أو إلى المواد والوقود المستعمل في تشغيلها أو إلى الإدارة والأنظمة الموضوعة والمعمول بها:

(عاطف محمد،1974، ص291)

- **العوامل الناجمة عن الآلة :** يؤثر نوع الآلات المستخدمة على العطلات ومدى تكرارها ويرتبط هذا بمستوى الأوتوماتيكية والتعقيد الذي تتميز به هذه الآلات. إذ كلما كان تركيبها بسيطا كلما قلت فرص العطب وكلما زاد تطورها التكنولوجي تعقيدا كلما زادت إمكانية تعرضها للعطب.
- **العوامل الناجمة عن العامل :** يرجع سببه إلى ضعف مهارة العاملين على التشغيل والصيانة والتي غالبا ما تنتج عن انتهاك قواعد التصميم والتشغيل كالأخطاء الناتجة في ترجمة الوثائق الفنية للواقع الفعلي للأجهزة التي تتطلب مهارة عالية ودقة متناهية في تنفيذ أعمال الصيانة والتشغيل وانتهاك قواعد نصب الآلات ومراعاة ظروف التشغيل اللازمة (الظروف البيئية، تدفئة، تهوية، الإضاءة، تكييف ...الخ) وضعف تسجيل العطلات وتحليلها.
- **العوامل الناجمة عن المواد واللوازم المستعملة :** ومردها استعمال أنواع غير ملائمة من المواد الأولية أو الوقود أو الزيوت خلافا لنصوص دليل التجهيزات المعد من قبل مصمميها وهذا ما يؤدي إلى انخفاض الطاقة الإنتاجية لتلك التجهيزات وقد يتسبب في عطبها أو تلفها في بعض الأحيان .
- **العوامل الناجمة عن الإدارة :** تكون الإدارة سبب في حدوث العطلات عندما تقرر خفض تكاليف الصيانة وجعل التخصيصات المالية اللازمة لأداء الصيانة ضمن حدها الأدنى دون الأخذ بعين الاعتبار نتائجه على المدى البعيد عند الحاجة إلى الاستبدال السريع للآلات أو كلف إجراء الصيانة الطارئة.

(غسان قاسم،2008، ص503)

وهناك أسباب أخرى مثل :

- زيادة درجة المكننة والأتمتة المتبعة في الأعمال .
- زيادة الدقة في تحديد جدولة الإنتاج والعمليات الإنتاجية .
- ارتفاع حجم الاستثمارات في الموجودات الثابتة .
- زيادة حدة المنافسة مما يحتم تحديث المعدات والآلات لمواكبة تطورات الأسواق .

## I- 3 أهمية وأهداف الصيانة :

### I- 3- 1 أهمية الصيانة :

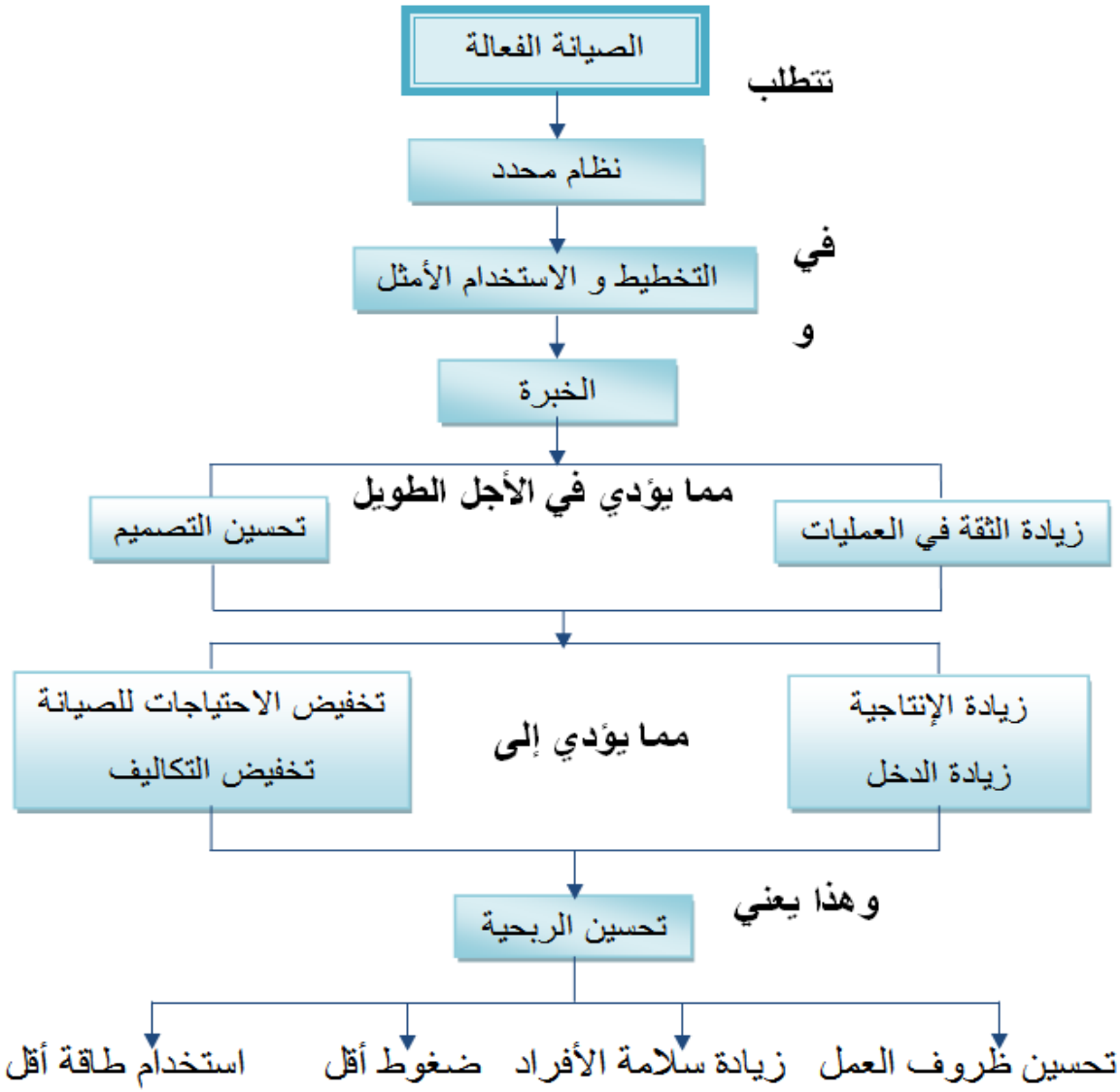
تستمد الصيانة كوظيفة داخل المنظمة أو كعملية مرتبطة بسيرورة العملية الإنتاجية التي تضطلع بها هذه الأخيرة أهميتها من حيث :

- ✓ تمكن من الحفاظ على المصنع والاحتفاظ بتجهيزاته قابلة للتشغيل وهذا ما يؤدي بالتالي إلى اضطلاع المنظمة بالمهام المنوطة بها في الوقت المناسب، كما تتيح لها الفرصة للتقليل من ضياعات العمل والتوقفات و كذلك التقليل في التكاليف .
- ✓ تؤمن استغلال الوقت المتاح والعمل بكفاءة باعتبار أن التجهيزات تبقى جاهزة للتشغيل ومحافظة على قدراتها الإنتاجية .
- ✓ تضمن أثرا إيجابيا على الإنتاج داخل المنظمة، فكلما كانت عمليات الصيانة دقيقة ومنتظمة كلما أدى ذلك إلى رفع إنتاجية المنظمة وتحقيق أهدافها المسطرة .

(أحمد طرطار،2001، ص66)

ويبين الشكل التالي أهمية الصيانة في تحسين عمل المنظمة :

**الشكل رقم (1) :** أهمية الصيانة الفعالة .




**المصدر:** (بنشوري نسيبة،2016، ص10)

يتضح من الشكل أن أهمية الصيانة لا تقتصر على التصليح فقط بل تتعدى إلى زيادة الثقة في العمليات وتحسين التصميم في الأجل الطويل مما ينعكس ذلك على زيادة الإنتاجية وتخفيض التكاليف، هذا ما يترتب عليه تعظيم الأرباح وتحسين ظروف العمل فضلا زيادة سلامة الأفراد .

## I- 3- 2 أهداف الصيانة :

قد يقتصر هدف الصيانة على منع تعطيل الآلات. بينما نجد أن المفهوم الحديث والمعنى الشامل لمفهوم الصيانة الذي يذكره Wild أن هدف الصيانة هو محاولة تعظيم الأداء للمعدات الإنتاجية بالتأكيد على أن هذه المعدات تعمل بالكفاءة بمحاولة منع العطلات أو التوقف بما يمكن من المحافظة على الثقة في أداء نظام العمليات ككل، وتتمثل أهداف الصيانة فيما يلي:

- ✓ الحفاظ على بقاء التسهيلات الإنتاجية من الآلات والتركيبات ومباني ومعدات في حالة صالحة للوفاء بخطط وبرامج الإنتاج التي ترتبط بها المنظمة .
- ✓ منع أو الإقلال من احتمالات توقف أو بطء معدلات إنتاج التسهيلات وخفض زمن التوقف إلى الحد الأدنى مما يؤدي إلى الإقلال من احتمالات التشغيل الإضافي للوفاء بخطط وبرامج النظام الإنتاجي.
- ✓ التقليل من تكلفة تشغيل الآلات سواء التكلفة المباشرة مثل الطاقة المحركة أو المجهود البشري أو التكاليف الغير مباشرة قبل ارتفاع معدل التلف أو العادم من الإنتاج نتيجة لانخفاض مستوى أداء الآلة .
- ✓ تقليل الحد الأدنى من الخسارة للوقت المنتج والتكاليف بسبب سوء استخدام المعدات وهذا ضروري لتقليل حدوث اختناقات في العمليات وذلك بسبب جهود الصيانة .
- ✓ الاستخدام الأمثل للأفراد وقوة العمل الخاصة بصيانة التسهيلات الإنتاجية .
- ✓ المحافظة على استثمارات المنظمة وإطالة العمر الإنتاجي للمعدات لزيادة الوقت الذي يمكن أن تستخدم فيه هذه التسهيلات الإنتاجية بكفاءة .
- ✓ خفض تكلفة صيانة التسهيلات الإنتاجية والتركيبات والمعدات والمباني عن طريق وضع نظم وبرامج الصيانة المناسبة التي تكفل تغيير الأجزاء التالفة قبل أن يمتد التلف لأجزاء أخرى.
- ✓ وجود نظام المراقبة تكلفة أعمال الصيانة.
- ✓ استغلال الموارد المتاحة لجهاز الصيانة وتشغيل العاملين به بكفاءة.
- ✓ تهدف أهداف الصيانة إلى التأكيد من أن الآلات تعمل بكفاءة عن طريق المحافظة على المعايير وذلك بالقيام بإجراءات الرقابة على الجودة واتخاذ التصرفات والإجراءات للمحافظة على الجودة في حدودها المسموح بها .

(مصطفى يوسف،2016، ص154)

## II- أنواع الصيانة، عملياتها وتكاليفها:

### II- 1 أنواع الصيانة:

اتفق بعض الكتاب والباحثين على تصنيف الصيانة بشكل عام إلى نوعين أساسيين وهما كما يلي:

#### II- 1- 1 الصيانة العلاجية (Corrective Maintenance (CM) :

يطلق عليها أيضا الصيانة التصحيحية ونقصد بها جميع الإجراءات التصحيحية المنفذة بعد الكشف عن الفشل بهدف إرجاع الخاصية إلى الحالة التي يمكنها فيها تنفيذ الوظيفة المطلوبة.

(Tahir Akila, 2016, P34)

وحسب الجمعية الفرنسية للتنميط AFNOR(norme X60-010) الصيانة التصحيحية هي : "أعمال الصيانة التي تتم بعد حدوث العطل". والعطل هو عدم قدرة المعدة أو الآلة على إكمال وظيفتها.

(François Monchy, 1996, P56)

## II- 1- 2 الصيانة الوقائية Préventive Maintenance (PM) :

في تعريف الصيانة الوقائية، نقوم بتضمين كل إجراء الفحوصات والزيارات وعمليات الصيانة التي تتم بشكل وقائي.

ونقول هي عبارة عن عمل مبرمج ومنتظم مسبقا للكشف عن المعوقات التي تحدث في الماكنة أو في النظام وتشمل الصيانة الوقائية :

- ✓ التفتيش أو الزيارات المنتظمة.
- ✓ التقييمات والإجراءات والاستبدالات التي تتم نتيجة للمراقبة والتفتيش.
- ✓ بدائل منتظمة .
- ✓ الصيانة المشروطة أو الاختبارات غير متلفة.

لا ينبغي أن تكون الصيانة الوقائية بالقول لعامل صيانة "انظر ما إذا كانت حالة هذه الآلة جيدة " من خلال قائمة النقاط الفحص. في هذه الحالة، إذا كانت الحالة جيدة، لا يقال شيء إذا لم تكن جيدة، يجب عليك تتدخل على الفور، الأمر الذي يتطلب بالضرورة توافر قطع الغيار. هذا هو الكشف عن العطب وليس الصيانة الوقائية.

على العكس، يجب أن تتكون الصيانة الوقائية من متابعة تطور حالة الآلة لتوفير التدخل في غضون فترة زمنية معقولة وشراء أجزاء الاستبدال اللازمة ( لذلك نحن لا نحتاج إلى الاحتفاظ بها في المخزون إذا كان الوقت العادي يسمح بذلك).

(Jean Héng, 2011, P04)

أما البعض الأخر فقد صنف الصيانة إلى نوعين وفقا للاتجاهات الحديثة في التصنيف :

## II- 1- 3 الصيانة المخططة Planned Maintenance:

يقصد بها الصيانة التي تنظم أعمالها وتنفذ بناءا على دراسات مسبقة والرقابة المحكمة والتسجيل في سجلات المعدات، لذلك هي تهدف إلى تحقيق مستويات عالية من صيانة الآلات وكفاءة اقتصادية أعلى.

(بوعنينبة وهيبة،2007، ص19)

وتنقسم الصيانة المخططة إلى ما يلي :

**- الصيانة الوقائية :**

هي الأعمال التي تقوم على التخطيط السليم لمنع حالات التوقف المفاجئ في المعدات، وذلك عن طريق وضع برنامج محدد للقيام بصفة دورية بتنظيف وخدمة جميع الأجهزة وفحصها وتفتيشها وإحلال الأجزاء المتآكلة بأجزاء أخرى. ويمكن تقسيمها إلى :

- ❖ الصيانة التشغيلية : هي الصيانة التي يتم القيام بها أثناء اشتغال المعدات أي ليس هناك حاجة لإيقافها كأعمال التزييت، الضبط والفحص .
- ❖ الصيانة أثناء التوقفات الاختيارية : هي الأعمال التي يتم القيام بها بعد إيقاف الآلات ويكون إيقافها اختياريا .

(صلاح الشنواني،2000، ص200)

**- الصيانة العلاجية (التصحيحية) :**

يقصد بهذا النوع من الصيانة عمل الإصلاحات اللازمة للمعدات حين توقفها عن العمل لأسباب فنية كحدوث كسر أو تآكل في أحد أو بعض أجزائها أي بعد حدوث العطل بقصد إعادة الماكينة إلى حالتها الاعتيادية لأداء العمل بصورة صحيحة .

(رضا صاحب،2001، ص150)

وتشمل على الأنشطة التالية:

- ❖ التوقف المخطط : تتضمن أعمال الصيانة الخاصة بإحلال الأجزاء وإعادة تركيب بعضها وإصلاح بعض الأجزاء على فترات دورية لتفادي تطورها في المستقبل .
- ❖ الصيانة الفجائية : هي أعمال الصيانة التي تختص بإصلاح المؤقت أو النهائي للتلف الذي يحدث فجأة ودون توقع .

(سونيا محمد البكري،2000، ص237)

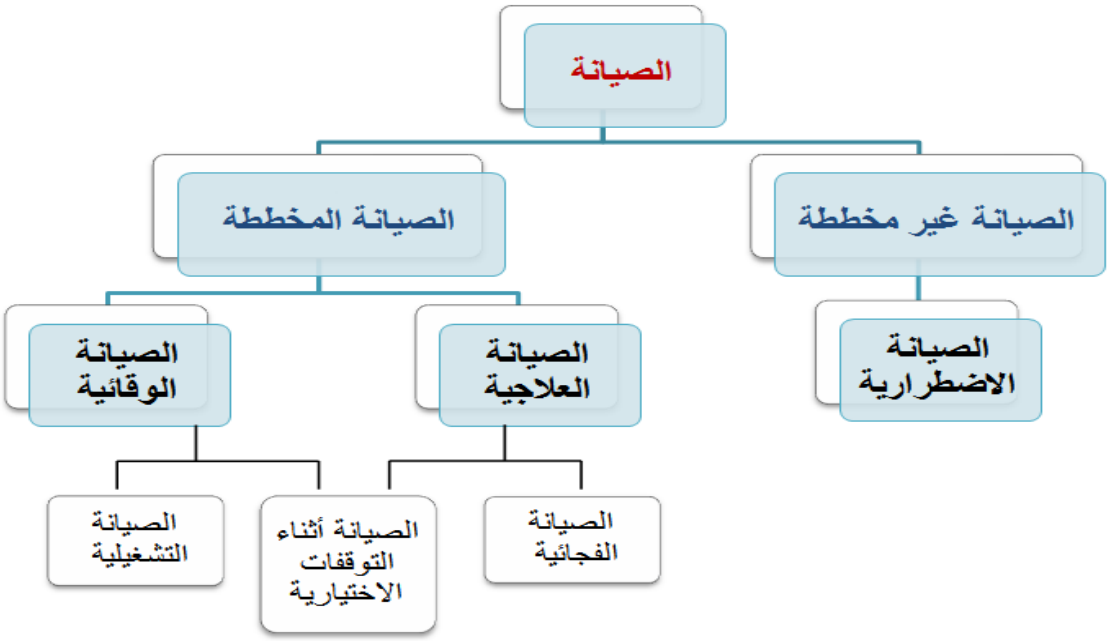
**II- 1- 4 الصيانة غير المخططة Unplanned Maintenance :**

وتشمل الصيانة الاضطرارية وهي الأعمال الطارئة والمستعجلة والتي يتطلب إتمامها حسب الاحتياجات والطوارئ، عادة ما يعالج الارتفاع المفاجئ في الصيانة غير مخططة عن طريق التعاقدات مع المقاولين ومؤسسات الصيانة المتخصصة.

(بوعنينبة وهيبة،2007، ص22)

والشكل يبين تصنيف الصيانة وفق الاتجاه الحديث .

**الشكل (2) :** المفهوم الحديث لتصنيف الصيانة.




**المصدر:** (رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص27)

## II- 2 عمليات الصيانة :

إن مختلف أعمال الصيانة المخططة سالفة الذكر تتطلب عمليات وإجراءات ميدانية وهي :

### II- 2- 1 عمليات الصيانة العلاجية:

يمكن تصنيف هذه العمليات إلى ثلاث مجموعات من الإجراءات :

- **المجموعة الأولى** تتعلق بالفشل في الموقع وتضم العمليات التالية : الاختبار والكشف والفحص والتشخيص.

- **المجموعة الثانية** تتعلق بعمليات التجديد (الاستعادة) و تضم العمليات التالية : اكتشاف الأخطاء وإصلاحها والإصلاح وتعديل الأجهزة.

- **المجموعة الثالثة** تتعلق بالاستدامة و تتضمن : التجديد و إعادة البناء والتحديث.

❖ **الفشل في الموقع :** هو الفعل الذي يؤدي إلى البحث بدقة عن العنصر الذي يتجلى به الفشل. وتضم العمليات التالية :

- الاختبار : إنها عملية تجعل من الممكن مقارنة إجابات النظام بالتماس مناسب ومحدّد، مع طلبات نظام مرجعي.

- الكشف : هو العمل على كشف العنصر المعيب من خلال زيادة مستمرة للمراقبة.

- الفحص : هو عمل يهدف إلى اكتشاف الفشل من البداية ومن خلال مراجعة منهجية للمعدة لمعرفة حالة عملها .

- التشخيص : هو تحديد السبب المحتمل للفشل استخدام التفكير المنطقي بناءً على مجموعة من المعلومات من التفتيش والاختبار. التشخيص يجعل من الممكن التأكيد، استكمال أو تعديل الافتراضات حول أصل وسبب الفشل وتحديد عمليات الصيانة التصحيحية اللازمة.

❖ **الاستعادة :** هي عملية إعادة التأهيل لتنفيذ العملية أو المهمة التالية. وتتضمن :

- استكشاف الأخطاء وإصلاحها : يستخدم من أجل إعادة المعدة في ترتيب العمل، بالنظر إلى الهدف المسطر.

- الإصلاح : هو تدخل صيانة تصحيحي محدد بعد الفشل .

- التعديل : هي عملية يتم تنفيذها على المعدة بهدف تحسينها، أو لتغير خصائص الاستخدام .

❖ **الاستدامة :** الاستدامة هي حياة أو مدة العملية المحتملة للمعدة في أداء وظيفة التي تم تعيينها في شروط الاستخدام والصيانة معينة. وعمليات الصيانة التي تتعلق باستدامة هي على النحو التالي :

- التجديد: الفحص الكامل لجميع الأجهزة، واستبدال الأجزاء المشوهة والتحقق من الخصائص وإصلاح الأجزاء التالفة .

- إعادة البناء : استعادة المعدة كما هو محدد في المواصفات الأولية، والأمر الذي يتطلب استبدال الأجزاء الحيوية بالأجزاء الأصلية أو الأجزاء الجديدة المعادلة لها .

- التحديث : استبدال المعدات والملحقات والأجهزة أو ربما جلب البرامج، وذلك لأجل التحسينات التقنية غير موجود على السلعة الأصلية.

## II- 2- 2 عمليات الصيانة الوقائية:

يمكن تصنيف هذه العمليات إلى أربع مجموعات من الإجراءات :

المجموعة الأولى تتعلق بالصيانة، يتضمن العمليات التالية : التنظيف وإزالة التلوث وإعادة المعالجة السطحية.

المجموعة الثانية تتعلق بالمراقبة، يتضمن العمليات التالية : تفتيش الرقابة والزيارة .

المجموعة الثالثة تتعلق بالمراجعة، يتضمن العمليات التالية : المراجعة الجزئية والإصلاح.

(Smail Benissaad, 2008, P17-18)

المجموعة الرابعة تتعلق بالحفظ، يتضمن العمليات التالية : التخزين والبقاء والتكليف.

(Smail Benissaad, 2008, P18)

- ❖ **عمليات متعلقة بالصيانة :** وتشمل العمليات الروتينية والعادية للصيانة الوقائية مثل التنظيف وإزالة التلوث وإعادة المعالجة السطحية سواء الخارجية أو الداخلية. واستخدام المحاليل و المذيبات والمواد الكاشطة ...الخ.
- ❖ **المراقبة :** تمثل الشروط الموضحة أدناه العمليات الضرورية للتحكم في تطور الحالة الحقيقية للمكنة.وتنفذ بشكل مستمر أو على فترات محددة سلفا، محسوبة بوقت أو عدد وحدات الاستخدام .

- التفتيش: هو نشاط رقابي ينفذ في سياق مهمة محددة ولا يقتصر بالضرورة على المقارنة مع البيانات المحددة مسبقا.

- الرقابة: هو التحقق من الامتثال للبيانات سابقة التحديد، متبوعًا بحكم. وهي :

- ✓ تتضمن معلومات عن النشاط .
- ✓ تشمل القرار: القبول، الرفض، التأجيل.
- ✓ تؤدي إلى تصرفات تصحيحية.

- الزيارة: هي خطوة في مراجعة شاملة ومحددة سلفا أي (زيارة عامة) أو (زيارة محدودة) للعديد من المعدات وقد تشمل عمليات صيانة من المستوى الأول.

- ❖ **المراجعة :** هي مجموعة إجراءات الفحص والضبط والتدخلات التي يتم تنفيذها لضمان السلامة من أي فشل رئيسي أو حاسم خلال فترة زمنية و لعدد من وحدات الاستخدام .
- ❖ **الحفظ :** ويشمل العمليات التالية :

- حفظ الإعداد : هي مجموعة العمليات التي يجب تنفيذها لضمان سلامة العتاد خلال فترات عدم الاستخدام.

- بقاء التنفيذ : إنها كل العمليات التي يتعين القيام بها لضمان سلامة الممتلكات خلال فترات الظواهر العدوانية البيئية .

- التكليف : جميع الإجراءات والعمليات المهمة بعد تثبيت المعدة بما في ذلك التحقق من الامتثال للأداء التعاقدي .

(Smail Benissaad, 2008, P19-20)

## II- 3 تكاليف الصيانة :

لقد تعاظمت أهمية خدمات الصيانة في المؤسسات الصناعية بعد الثورة الصناعية وبالأخص في الدول المتقدمة، حيث أصبحت تكاليف الصيانة عبئا لا يستهان به من مجموع التكاليف خصوصا لدى المؤسسات التي تتميز بخطوط إنتاجية طويلة ومستمرة. وتسعى معظم المؤسسات إلى تقليل تكاليف الصيانة.

### II- 3- 1 أنواع تكاليف الصيانة:

تعرف تكاليف الصيانة على أنها مجموع الأعباء الواجبة من اجل تحقيق نشاطات الصيانة وتنقسم تكاليف الصيانة إلى قسمين رئيسيين :

(زرقي عمار،2012، ص83)

1- تكاليف الصيانة المباشرة Direct Maintenance Costs.

2- تكاليف الصيانة غير المباشر Indirect Maintenance Costs.

### II- 3- 1- 1 تكاليف الصيانة المباشرة Direct Maintenance Costs:

هي الأعمال التي تتعلق بأعمال الصيانة المباشرة مثل :

- كلفة المواد المستخدمة في الصيانة مثل المواد الأولية والزيوت و الشحوم ويتم حسابها عن طريق القوائم الخاصة بطلب المواد من المخزن أو قوائم المشتريات علاوة على كلفة اندثار المواد والعدد المستخدمة في أعمال الصيانة .

- كلفة الأجور والرواتب والحوافز للعاملين في مجال الصيانة ويتم حسابها عن طريق استخدام قوائم العمل ومعرفة عدد الساعات المصروفة في الإدامة و التصليح .

- تكاليف الخدمات الخارجية : ويتم في هذه الحالة الاستعانة بجهات خارج نطاق المعمل تابعة إلى دوائر أخرى للقيام ببعض أعمال الصيانة التي لا تستطيع الشركة القيام بها ويتم حساب هذه التكلفة عن طريق القوائم المصروفة .

- تكاليف أخرى : مثل الأوراق والأقلام علاوة على الأثاث والماء والكهرباء المستخدمة ويتم حسابها عن طريق قوائم مشتريات أقسام الصيانة.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص128)

### II- 3- 1- 2 تكاليف الصيانة غير المباشرة Indirect Maintenance Costs :

وتشمل جميع عناصر تكاليف التوقف عن الإنتاج أو التشغيل وتكون هذه التكاليف هي عبارة عن خسارة مادية في الإنتاج أو في فوائد رأس المال المستثمر في المعدات العاطلة وكذلك كلفة المواد

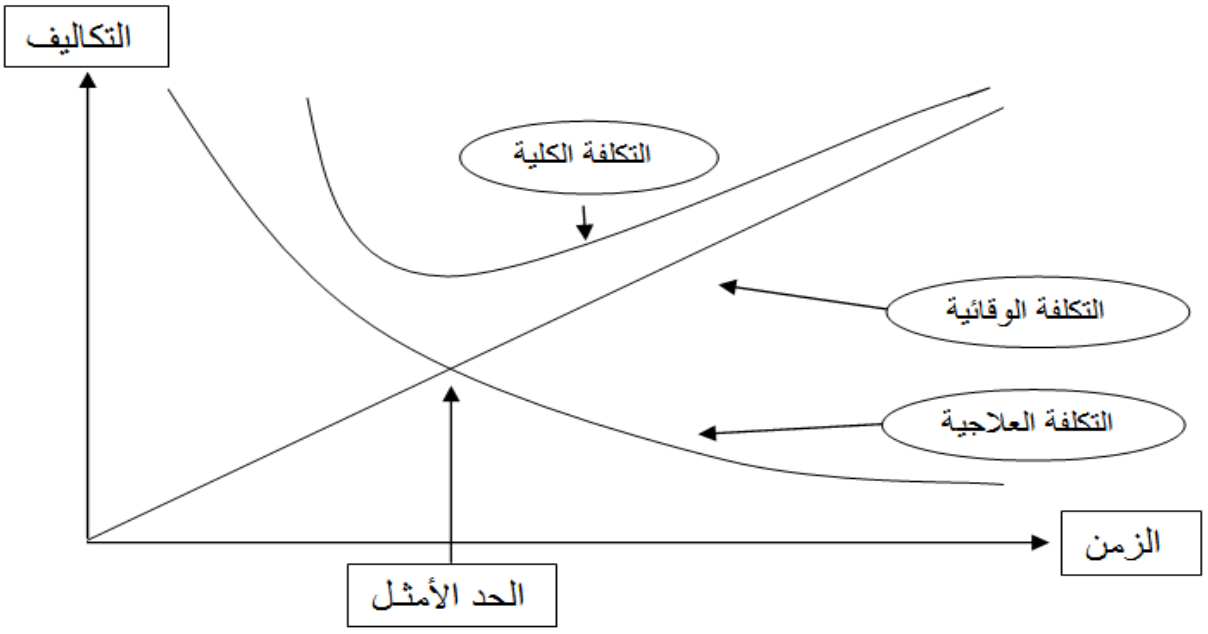
الأولية التالفة أو الأجزاء في مراحل التصنيع المتعددة وكذلك الغرامات الناتجة عن عدم تسليم المواد المنتجة في مواعيدها وهذا بدوره يؤثر سلبا على سمعة الشركة في السوق الصناعي .
(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص128)

## II- 3- 2 العلاقة بين تكاليف الصيانة الكلية وتكاليف الصيانة العلاجية والوقائية:

ويبين **الشكل رقم (3)** أنه كلما زادت تكاليف الصيانة الوقائية قلت تكاليف الصيانة العلاجية وبالتالي تقل تكاليف الصيانة الكلية على أن تصل إلى نقطة معينة يصبح بعدها الانخفاض في تكاليف الصيانة العلاجية أقل ( حد أمثل ) من الارتفاع في تكاليف الصيانة الوقائية مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الصيانة الكلية.

وعليه يجب على مسئولي أقسام الصيانة الموازنة ما بين أعمال الصيانة الوقائية وأعمال الصيانة العلاجية، بحيث يكون هناك حد أمثل يسهم في تقليل التكاليف الكلية، وعدم تجاوز هذا الحد، لأن ذلك من شأنه أن يسهم في تقليل كفاءة وفاعلية أعمال الصيانة.

**الشكل رقم(3):** العلاقة بين تكاليف الصيانة الكلية وتكاليف الصيانة العلاجية والوقائية.




**المصدر:** (زرقي عمار،2012، ص82)

إذا فتحليل تكاليف الصيانة ذا أهمية بالغة، إذ تعتبر أداة ضرورية للتسيير إضافة إلى أن تكاليف الصيانة تدخل في تركيب سعر التكلفة للمنتج المصنع، وبالتالي فتحليل التكاليف يسمح باتخاذ القرارات الأساسية في إطار إدارة الصيانة ومتابعة النفقات والتحقق من فعالية الصيانة وكذا إشكالية استبدال الآلات فمعايير القرار ليست فقط اقتصادية بل كذلك تقنية.
(زرقي عمار،2012، ص82)

## II- 3- 3 مؤشرات تحليل تكاليف الصيانة:

يحتاج كل عمل على معيار أو أكثر للحكم على مدى نجاحه أو فشله في تحقيق الغرض الذي أنشئ من أجله.

وبهدف معرفة كفاءة وفعالية الصيانة يستخدم مسؤولو إدارة الصيانة حزمة من المؤشرات نطلع عليها من خلال الجدول التالي :

**الجدول (2):** مؤشرات تحليل تكاليف الصيانة.

| المؤشرات | تحسب بـ |
|---|---|
| إجمالي تكاليف الصيانة | تكاليف الصيانة الوقائية + تكاليف الصيانة التصحيحية |
| مؤشر نسبة تكاليف الصيانة التصحيحية | تكاليف الصيانة التصحيحية / إجمالي تكاليف الصيانة |
| مؤشر نسبة تكاليف الصيانة الوقائية | تكاليف الصيانة الوقائية / إجمالي تكاليف الصيانة |
| مؤشر نسبة تكاليف الخدمات الخارجية | تكاليف الخدمات الخارجية / إجمالي تكاليف الصيانة |
| مؤشر نسبة تكاليف اليد العاملة | تكاليف اليد العاملة / إجمالي تكاليف الصيانة |
| مؤشر نسبة تكاليف قطع الغيار | تكاليف قطع الغيار / إجمالي تكاليف الصيانة |
| مؤشر نسبة تكاليف الداخلية لمصالح الصيانة | تكاليف الداخلية لمصالح الصيانة / إجمالي تكاليف الصيانة |

**المصدر :** من إعداد الطالبين بالاعتماد على مصادر مختلفة.

## III- أنظمة وسياسات الصيانة:

## III- 1 أنظمة الصيانة:

إن جميع أنظمة الصيانة سواء كانت الصيانة تنفذ بالأعمال اليدوية أو باستخدام الحاسوب لها نفس الوظيفة الأساسية وهي أن تراقب :

- ماذا يجب أن تعمل ؟
- وأين يجب عمله ؟
- ومتى يجب عمله ؟
- ومن يجب أن يعمله ؟
- وكيف يجب عمله ؟

ومهما يكن نظام الصيانة المقرر، فان جميع الأنظمة تتألف من وحدات قياس فردية لها تقريبا الطبيعة نفسها و الوظيفة نفسها . وهذه الوحدات الفردية هي :

- سجل المعمل (هو وثيقة تسجل فيها المواصفات التقنية لكل قطعة أو جهاز في المعمل مع رقم تعريف لها ).

- نظام الصيانة الوقائية .

- نظام قطع التبديل .

- سجل التوثيق، مثل ( قائمة قطع الغيار، كتيب الإصلاح، تعليمات التزييت والتشحيم الرسومات ...الخ ).

- نظام الصيانة التصحيحية .

- مفهوم جيتس GITS لصيانة .الذي تمثل في ثلاثة أنواع لصيانة :

- ✓ الصيانة بحسب العطل FBM (Failure Based Maintenance).
- ✓ الصيانة بحسب الاستعمال UBM (Use Based Maintenance).
- ✓ الصيانة بحسب الحالة CBM (Condition Based Maintenance).

- نظام الشراء .

- نظام مراقبة التكلفة والموازنة .

(سامر مظهر قنطقجي ،www.Kantakji.com, 5)

## III- 2 سياسات الصيانة:

إن سياسات إدارة الصيانة في المؤسسة تدخل ضمن القرارات الإستراتيجية التي تتخذها هذه الأخيرة، وهذه القرارات تبنى على أساس مدى توافر الموارد المطلوبة لأداء أنشطة الصيانة "الموارد البشرية، المادية، نظام معلومات مطابق لأدوات التحليل واتخاذ القرار" وعلى الطرق المستخدمة والأوقات التي يجب أن تتم فيها هذه الأنشطة.

بناءا على القرارات الإستراتيجية فالمؤسسة تكون أمامها عدة خيارات فإما أن تقوم بإنجاز جزء أو كل عمليات الصيانة داخلها، أو أن تعهد بها لمؤسسات أخرى سواء كانت هذه المؤسسات هي الصانعة للآلة المعنية بالصيانة أو وكيلا للصانع أو مؤسسات متخصصة في الصيانة .
(بنشوري نسيبة،2016، ص29)

وهناك عدة سياسات تتبناها إدارة الصيانة على حسب احتياجاتها لها، ومن بين هذه السياسات ما يلي :

**III- 2- 1 الصيانة بالاعتماد على المصادر الداخلية (faire: internaliser ):**

قد تتكفل المؤسسة بنفسها بأعمال الصيانة عندما تتوفر الكفاءة المهنية والوسائل اللازمة وهي عوامل محفزة لإنجاز أعمال الصيانة في أسرع وقت وبأقل التكاليف ومن المعايير المساعدة على ذلك معرفة تكنولوجيا التجهيزات وقلة تعقيدها وتركيبها، حيث تأخذ الصيانة الداخلية أشكالا عديدة:

- أن تكون إدارة تابعة لإدارة الإنتاج"صيانة ذاتية".

- أن تكون إدارة مستقلة متخصصة في الصيانة كغيرها من إدارات المؤسسة.

- أن تكون فرع تابع للمؤسسة لكنه يشكل وحدة مستقلة ماليا ولهل إمكانياتها الخاصة، ويقدم هذا الفرع خدماته للمؤسسة الأم كما يقدمها لغيرها من المؤسسات التي تطلب منه الخدم.

**III- 2- 2 الصيانة بالاعتماد على المصادر الخارجية ( faire: externaliser ):**

يعرف الاستعانة بالمصادر الخارجية بأنها " التفويض لممول خارجي القيام بأنشطة الصيانة وإدارتها التي كانت في العادة تنجز داخليا، حيث يصعب في بعض الأحيان على إدارة الصيانة التابعة للمؤسسة أن تقوم بجميع وظائفها وذلك لعدم كفاية الإمكانيات فكثير من هذه الوظائف تكون على درجة عالية من التخصص. لهذا تلجأ المؤسسة لأطرافها الخارجية لإدارة صيانتها استنادا لعدة اعتبارات اقتصادية وتكنولوجيا فقد تعهد لهذه الأطراف بإنجاز جزء معين وتقوم بنفسها بعمليات التخطيط والتصميم لأنشطة الصيانة وتسند عمليات التنفيذ للمؤسسات المتخصصة أو كل عمليات الصيانة.

(بنشوري نسيبة،2016، ص30)

إن استعانة المؤسسة بالأطراف الخارجية لإدارة الصيانة تجهيزاتها يسمح لها بالتركيز على أعمالها الأساسية، والأهم من ذلك فإنه يوفر إمكانية السيطرة على التكاليف وتحسين أداء الصيانة بالإضافة إلى تعويض نقص المهارة والتخصص لدى عمال وظيفة الصيانة بالمؤسسة وتأخذ الصيانة الخارجية شكلين أساسيين هما :

### III - 2- 3 الاستعانة بمصادر خارجية :

وهي إستراتيجية عمل تتبعها المؤسسة حيث تعهد المؤسسة الخارجية الصانعة للآلة أو وكيلها مسؤولية تنفيذ أنشطة الصيانة، وتنطوي هذه العلاقة على اتصال وثيق بين المؤسسة الطالبة للصيانة وبين المؤسسة الصانعة للآلة وفي كثير من الأحيان تتحول العلاقة إلى تحالف إستراتيجي ويمكن أن تكون هذه الاستعانة بمصادر خارجية كلية أو جزئية وذلك تبعا لأهمية وحجم الأنشطة وتزامنا مع مدة الاتفاق .

### III- 2- 4 التعاقد من الباطن ( sous-traitance) :

تقوم المؤسسة بتكليف مؤسسة أخرى متخصصة في الصيانة من أجل إدارة عمليات صيانة تجهيزاتها، وما ينظم العلاقة بينهما هو إبرام عقد يتم فيه وصف الأهداف المرجوة منه وتبيان حقوق وواجبات كل طرف وتحديد الشروط القانونية والمالية المترتبة على الاتفاق.
(بنشوري نسيبة،2016، ص31)

### III- 2- 5 الصيانة التشاركية ( faire ensemble coopérer) :

قد تحتاج المؤسسة في بعض الأحيان إلى موارد إضافية تكنولوجية ومهارات ومعارف خارجة عن قدراتها الذاتية، لهذا تجد نفسها مضطرة إلى إشراك شريك خارجي للقيام بهذه العمليات الإضافية مع الأخذ بعين الاعتبار المسائل التالية :

- كيفية اختيار أفضل خيار إستراتيجي لكل عملية من عمليات الصيانة .
- معرفة المعايير المعتمدة.
- كيفية اختيار الشريك الخارجي والامتيازات التي تتحصل عليها المؤسسة منه.

(بنشوري نسيبة،2016، ص32)

## IV- مهام إدارة الصيانة:

### IV- 1 تخطيط أعمال الصيانة:

تمثل خطة المنظمة الصناعية أحد الأسس المهمة في تحقيق أهداف المنظمة وفي الوصول إلى الاستغلال الأمثل للموارد المادية والبشرية والمالية لها لأن الوصول إلى تحقيق الأهداف لا يمكن أن يتم إلا من خلال خطة شاملة تضعها المنظمة لتشمل نشاطاتها كافة المتعلقة بالإنتاج والمبيعات والقوى العاملة والصيانة وغيرها .

وتعد خطة الصيانة إحدى الخطط المهمة للمنظمة كونها تهتم بتوجيه الفعاليات المختلفة المتعلقة بأعمال الصيانة والتحديد العلمي السليم لمتطلباتها بإيجاز الأعمال المختلفة بأسرع وقت وأقل كلفة لتحقيق الأهداف.

## IV- 1- 1 مفهوم تخطيط أعمال الصيانة:

يعرف التخطيط بأنه :"عملية منهجية تهدف إلى تحديد أهداف المؤسسة وتحديد الطرق المفصلة لتحقيق هذه الأهداف".

(أحمد راغب أحمد،2010، ص30)

ويعرف تخطيط الصيانة بأنه تلك المرحلة من التجهيزات الضرورية قبل البدء في عملية التنفيذ ففي تلك المرحلة يتم تحديد الأنشطة التي سيقوم العمال بأدائها مع تحديد وقت البدء والانتهاء من كل نشاط من أنشطة الصيانة، وتتطلب عملية التخطيط ترتيب وتنسيق واستخدام الموارد المتاحة لبلوغ الهدف المحدد، حيث يدخل الوقت في جميع عمليات التخطيط ويعتبر من أهم مقوماته.

(عبد الرحمان توفيق،2004، ص16)

## IV- 1- 2 أهداف تخطيط أعمال الصيانة:

- ✓ تحسين إنتاجية أعمال الصيانة.
- ✓ وضع أنشطة الصيانة في جدول زمني محدد.
- ✓ وضع خطة للمتطلبات المستقبلية مبنية على أساس الأزمات وذلك قبل حدوثها.
- ✓ الاستغلال الأفضل لموارد جهاز الصيانة.
- ✓ خفض أوقات التوقف إلى أدنى حد.

(خضير كاظم محمود،2009، ص135)

## IV- 1- 3 مستويات تخطيط أعمال الصيانة:

يمكن تقسيم أعمال الصيانة إلى ثلاث مستويات كالأتي :

### IV- 1- 3- 1 التخطيط طويل الأجل:

يتضمن هذا التخطيط إعداد خطة مستقبلية تكون لمدة 5 سنوات أو أكثر لتحسين وظائف الصيانة يتم إعداد من طرف مدير الصيانة وكافة المشرفُين المعنيين بالوحدة، حيث يعتمد وضع الخطة على التنبؤ بالمبيعات والإنتاج في الآجال البعيدة ومعرفة معظم العوامل المرتبطة بتخطيط الإنتاج مع الأخذ بعين الاعتبار كل من:

- التغيرات في تجهيزات الصيانة المطلوبة.

- التغيرات في أجهزة و معدات الإنتاج، واحتمال استخدام معدات حديثة أو مؤتمتة أو أي تعديلات تكنولوجيا أخرى.

حيث أن التخطيط الطويل الأجل يشمل على الآتي :

- ✓ تحسين طرق الصيانة ومحاولة الانتقال من الطرق التقليدية إلى الطرق الحديثة.

- ✓ صياغة برامج تدريبية للعمال المهنيين.
- ✓ تحديد خطط استبدال للتجهيزات والمعدات.
- ✓ برمجة دورات طويلة لخطط الإصلاح.

(عبد الكريم محسنة،2006، ص541)

## IV- 1- 3- 2 التخطيط متوسط الأجل:

يتضمن هذا التخطيط إعداد الخطة السنوية ومراجعتها كل ستة أو ثلاث أشهر ويشمل هذا التخطيط على:

- التخطيط لصيانة الوقائية مثل فحص المكائن وتزييتها وتنظيفها (...) أي جميع العمليات التي تقدم كل سنة أو كل شهر، وبالتالي فهي تساعد في تقليل تأثيرها على البرامج الإنتاجية وأعمال الصيانة المختلفة.

- توزيع جميع أعضاء فريق الصيانة على مختلف الأقسام في ظل الظروف العادية.

- تحديد مواعيد الصيانة الخاصة بكل ماكينة.

## IV- 1- 3- 3 التخطيط قصير الأجل:

تخطيط قصير الأجل من الطرق الفعالة في تشغيل الموارد البشرية في الصيانة ومنع الأوقات العاطلة وما يترتب عنها من تكاليف، و يتم هذا النوع من التخطيط إما خلال شهر أسبوع أو يوم وهو روتيني في طبيعته .

(بوعنينبة وهيبة،2007، ص44)

## IV- 1- 4 مستلزمات تخطيط أعمال الصيانة:

يتطلب تنفيذ خطة الصيانة الناجحة توفير ما تحتاجه هذه الخطة من مستلزمات التخطيط الأساسية وتهيئة جميع المتطلبات التي توفر للمخططين إمكانات التخطيط العلمي المدروس علاوة على تهيئة الاحتياجات البشرية والمادية لتطبيق خطوات التخطيط ومراحله وبرامجه مع ضرورة التنسيق مع باقي أقسام الشركة التي تعنيها عملية الصيانة.

من بين المستلزمات الواجب تهيئتها قبل الشروع بتخطيط أعمال الصيانة هي :

- ✓ إعداد قائمة بالمعدات الموجودة.
- ✓ إعداد بطاقة للمعدات و المكائن.
- ✓ أوامر العمل.
- ✓ إعداد جداول الصيانة.
- ✓ وصف كامل لأعمال الصيانة.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص102)

## IV- 1- 5 أساليب تخطيط أعمال الصيانة:

تعد عملية اتخاذ القرارات وظيفة أساسية تمارسها الإدارة، لهذا تعددت الأساليب المستخدمة في التخطيط وهذا لإعطاء المرونة العالية لتجاوز مختلف المشاكل الإدارية والهندسية ومن أهم الأساليب المعتمدة في التخطيط نجد.

البرمجة الخطية: يمكن تعريف البرمجة الخطية بأنها أسلوب رياضي لتوزيع مجموعة من الموارد والإمكانيات المحدودة على عدد من الحاجيات المتنافسة على هذه الموارد ضمن مجموعة من القيود والعوامل الثابتة بحيث يحقق هذا التوزيع أفضل نتيجة ممكنة، أي يكون توزيعها مثاليا.
(عبد الرزاق الموسوي،2001، ص21)

نظرية الانتظار: هي احد أساليب بحوث العمليات التي تهتم بالتحليل الرياضي للمواقف التي تشكل منها خطوط الانتظار بهدف إيجاد الحل المناسب.
(بن حمود سكينة،2012، ص194)

المحاكاة: يعرف بأنه أسلوب لتقليد أو تمثيل نظام معين واقعي أو مشكلة حقيقية خلال مدة معينة من خلال نموذج يتحدد بجملة من الفرضيات ويتم الربط بين عناصر النموذج بعلاقات رياضية أو بأسس منطقية.
يمكن تطبيق المحاكاة في حالة عدم وجود أي أسلوب كمي لحل المشكلة وهو مختلف عن بقية الأساليب الكمية مثل البرمجة الخطية، إذ يمثل نموذج يستخدم بشكل أساسي في تحليل المشاكل المحتملة. وهو لا يقدم حلا للمشكلة المطروحة وإنما يقدم معلومات تساعد متخذ القرار على حلها من خلال الإجابة الأسئلة من فرع (ماذا لو؟ ) ( ? What if).
(أحمد عبد اسماعيل،2008، ص565)

تحليل شبكات الأعمال: هو أسلوب يستند إلى ترتيب الأعمال و تنظيمها بحيث ينفذ بصورة متتابعة وصولا إلى الهدف الأخير، وقد تفرعت من هذا الأسلوب طرق عديدة منها:
- أسلوب المسار الحرج CPM (Critical Path Method).
- أسلوب المراجعة وتقييم البرامج PERT (Program Evaluation and Review technique).

## IV- 2 تنظيم أعمال الصيانة:

لقد انتبهت المؤسسات الصناعية العالمية منذ فترة طويلة لأهمية أعمال الصيانة وأثرها على تحقيق عوامل للمنظومات الصناعية الإنتاجية ومن هنا دأبت على التركيز لتحسين وتطوير أساليب الصيانة من خلال التنظيم الفعال لها.

## IV- 2- 1 مفهوم تنظيم أعمال الصيانة:

التنظيم هو:"مجموعة القواعد التي تساعد على التنسيق بين الأنشطة المختلفة للموظفين" وهو عند البعض "مجموعة العلاقات التي يجب أن تربط كل العناصر ببعضها من جهة وبمحيطها من جهة ثانية".

وانطلاقا من التعريفين يمكن القول بأن تنظيم الصيانة يقوم على مجموعة من القواعد التي يجب أن يحترمها كل موظف أو عامل بالمصلحة حتى تتم الأعمال على ما هو مخطط له .
(Bernardie, 1995, P269)

## IV- 2- 2 العوامل الواجب توفرها لتنظيم أعمال الصيانة:

إن تنظيم أعمال الصيانة يتطلب توفر مجموعة من العوامل ونذكرها كما يلي :

- **تحديد مسؤولية الصيانة:** من الضروري أن نعرف جميع الواجبات والأهداف والمسؤوليات وكذلك النتائج المتوقعة لكل عمل من أعمال الصيانة وذلك بكل وضوح وتفصيل تام، كما يلزم أيضا توصيف وتحديد جميع الأعمال التي تقوم بها إدارة الصيانة حتى يمكن تحقيق الأهداف.

- **الاتصال :** يعرف بأنه "العملية التي تنقل بها الرسالة من مصدر معين إلى مستقبل أو أكثر بهدف تغيير السلوك". وفي الصيانة يتم الاتصال عن طريق نماذج خاصة تنقل في صورة (أوامر، توجيهات، اقتراحات، خطط، أهداف، خطابات...الخ).

- **موقع الصيانة كمركز من مراكز اتخاذ القرارات بالمؤسسة**: عند تحديد موقع إدارة الصيانة بالمؤسسة يلزم أن تنظر لها من زاويتين في وقت واحد، هما موقع الصيانة كمركز من مراكز اتخاذ القرارات وموقعها كنظام تنفيذي لأعمال الصيانة ومن الضروري أن تنظر لصيانة كنظام إداري وفي نفس الوقت تنظر إليه كإمكانيات فنية وهندسية.
(بوعنينبة وهيبة،2007، ص49-50)

- **مركزية و لا مركزية الصيانة :** قد تقوم بعض المؤسسات بإتباع نظام المركزية المطلقة في أعمال الصيانة، أو قد تقوم بإتباع اللامركزية المطلقة أيضا في الأماكن والوحدات التنظيمية المختلفة، وأحيانا تقوم بالجمع فيما بين المركزية و اللامركزية.
(بوعنينبة وهيبة،2007، ص51)

## IV- 2- 3 التنظيم الإداري لصيانة :

يعتمد تصميم الهيكل التنظيمي لإدارة الصيانة على نحو كبير على عوامل عديدة منها حجم ونوع المنظمة الصناعية وأسلوب إدارة المنظمة.

إن النوع الشائع الاستخدام في تصميم الهياكل التنظيمية لإدارة الصيانة هو التنظيم المركزي ولا مركزي لنشاطات الصيانة فضلا عن التنظيم المصفوفي .

**IV- 2- 3- 1 التنظيم المركزي :**

من أهم الخصائص في التنظيم المركزي لإدارة الصيانة أن مهمة الصيانة لها الأهمية نفسها كمهمة الإنتاج ويعتمد تقسيم مهام الصيانة في مثل هذا الهيكل التنظيمي على الاختصاص (مثال ذلك صيانة كهربائية، صيانة إلكترونية، صيانة ميكانيكية ،...الخ) **(شكل 4)**

إن العوامل التي تؤثر على اختيار الأسلوب المركزي في إدارة مهام الصيانة هو :

- ✓ حجم المنشأة ، عدد الموظفين، نسبة الدوران .
- ✓ أقسام المنشأة و مسؤولياتها .
- ✓ التقنية المستخدمة.
- ✓ التوزيع الجغرافي.
- ✓ نوع المنتج.
- ✓ استخدام مقاولين ثانويين .
- ✓ نوعية علاقات العمل بين الإنتاج و الصيانة.

فوائد استخدام التنظيم المركزي لإدارة الصيانة :

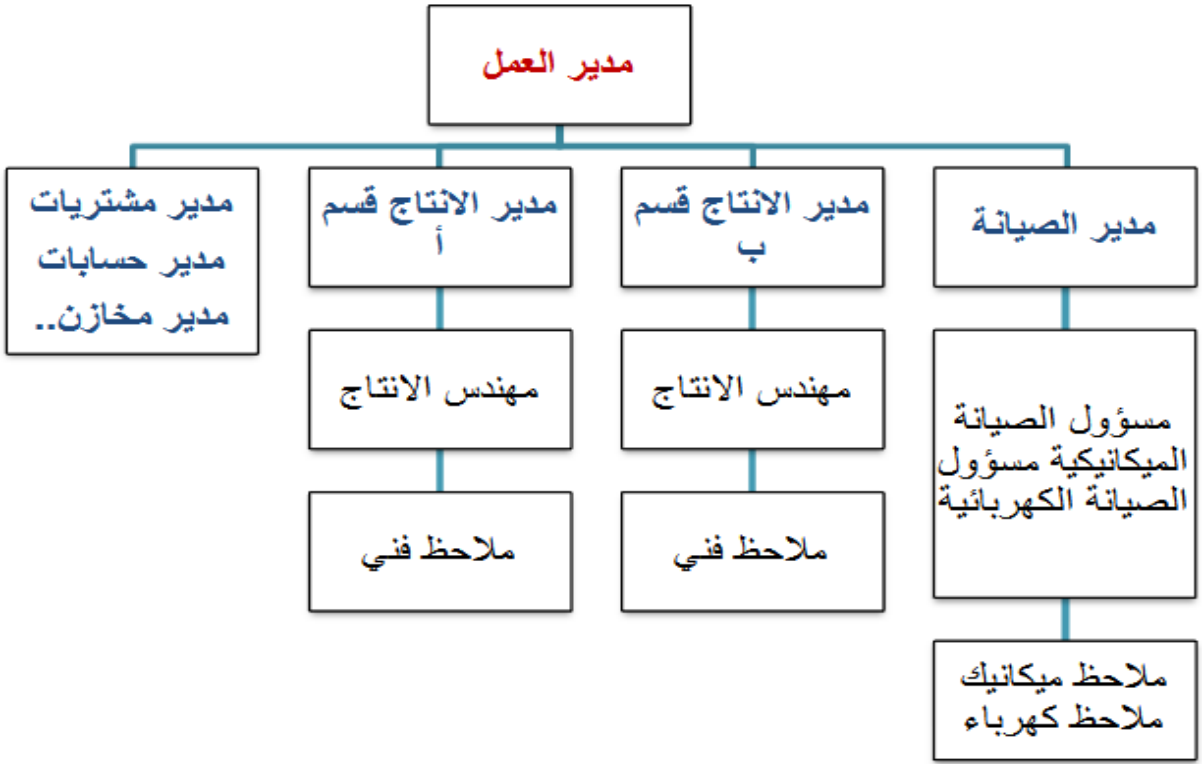
- ✓ انخفاض كلفة الصيانة.
- ✓ الاستفادة من الموارد المتاحة بشكل أفضل.
- ✓ زيادة مهارات العاملين في الصيانة.

أما مساوئ التنظيم المركزي لإدارة الصيانة فهي :

- ✓ التركيز على مهمة الصيانة بما يجعلها هدف بحد ذاتها .
- ✓ خلق صعوبات بين الإنتاج والصيانة.
- ✓ طول خط سير الاتصالات بين الإنتاج والصيانة.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص208)

**الشكل رقم (4) :** الهيكل التنظيمي المركزي لإدارة الصيانة.




**المصدر:** (رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص210)

## IV- 2- 3- 2 التنظيم اللامركزي:

إن أهم الخصائص في التنظيم اللامركزي لإدارة الصيانة هو أن تشكيلات الصيانة تتوزع بموجب الأقسام الإنتاجية، مثال ذلك (مسؤول صيانة قسم أ، مسؤول صيانة قسم ب...الخ) **(الشكل5)**

إن فوائد التنظيم اللامركزي للصيانة هي :

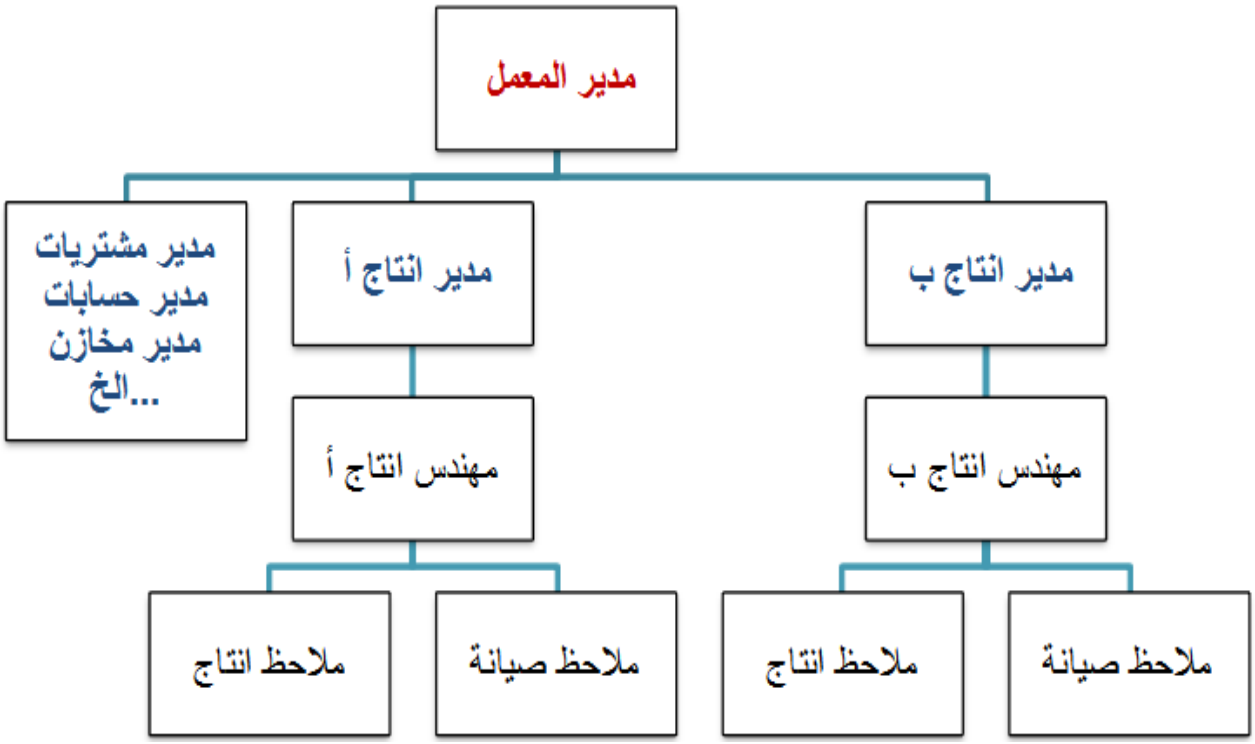
- ✓ الصيانة تهدف لخدمة الإنتاج بشكل أكبر مما لو كانت مركزية.
- ✓ استخدام أمثل للوقت المتاح بسبب انخفاض وقت التهيئة ووقت التصليح لتواجد مجاميع الصيانة مع الإنتاج.

أما مساوئ التنظيم اللامركزي للصيانة هي :

- ✓ احتمال إهمال فعاليات الصيانة على حساب الإنتاج.
- ✓ ارتفاع حجم موارد الصيانة.
- ✓ عدم المرونة في استخدام موارد الصيانة .
- ✓ تحديد مهارات العاملين في الصيانة.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص210-211)

**الشكل رقم (5):** الهيكل التنظيمي اللامركزي لإدارة الصيانة.




**المصدر:** (رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص211)

## IV- 2- 3- 1 التنظيم المصفوفي :

إن هذا التنظيم يحوي على التنظيم المركزي واللامركزي والمسؤوليات مقسمة، بحيث أن مسؤول الإنتاج معين أن يكون مسؤولا عن فعاليات الصيانة كافة، ويتقاسم المسؤولية مع مهندس الميكانيك المسؤول عن الصيانة الميكانيكية لكل المعمل وكذلك يتقاسم المسؤولية مع مهندس الكهرباء المسؤول عن الصيانة الكهربائية لكل المعمل **(شكل6)**.

فوائد التنظيم المصفوفي :

يجمع هذا التنظيم بين فوائد التنظيم المركزي والتنظيم اللامركزي، أما مساوئ هذا التنظيم :

- ✓ المشاركة في المسؤوليات تسبب صعوبات كبيرة في التنفيذ.
- ✓ احتمال زيادة الخلافات بين الصيانة والإنتاج.
- ✓ تأثير سيئ على العاملين بسبب عدم وحدة الإدارة.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص212-213)

**الشكل رقم (6):** الهيكل المصفوفي لإدارة الصيانة.

**المصدر:** (رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص212)

اختيار الهيكل التنظيمي الأمثل:

ليس هناك جواب محدد لهذا السؤال وإنما يمكن عند إعداد هيكل تنظيمي جديد ملاحظة ما يأتي:

- ✓ الهيكل التنظيمي الحالي.
- ✓ مقارنة الأهداف بالنتائج المحققة من السياسة الحالية للصيانة.
- ✓ تحديد مناطق الخلل والمشاكل الحالية ضمن التنظيم.
- ✓ التعاون في حل المشاكل الحالية في الهيكل التنظيمي بين الأقسام.
- ✓ تقديم الاقتراحات الخاصة بإعداد تشكيل الهيكل التنظيمي الجديد.

(رامي حكمة فؤاد الحديثي،2004، ص213)

## IV- 3 التنفيذ والرقابة على أعمال الصيانة :

بعد تخطيط وتنظيم أعمال الصيانة تأتي مرحلة التنفيذ والرقابة على هذه الأعمال، حيث يتم في الجانب النظري تحديد محتوى مهام الصيانة والوسائل اللازمة لتحقيقها في المواعيد المحددة أما في الجانب العملي فتتم عمليات التنفيذ والرقابة وفق الإجراءات المحددة.

### IV- 3- 1 التنفيذ أعمال الصيانة:

يتم تنفيذ مهام الصيانة وفق إجراءات محددة ويتم تسجيل جميع الملاحظات التي تم إبداؤها القرارات، القياسات، المهام التي نفذت والموارد المستخدمة ضمن تقارير أو ملفات أو وثائق من أجل الاستعانة بها لاحقا أثناء الرقابة.

يتم تنفيذ الصيانة الوقائية بإتباع عدد من الخطوات منها :

- ✓ جمع البيانات التقنية ووصف المهام.
- ✓ الحصول على قطع الغيار والأدوات ومعدات الدعم.
- ✓ الانتقال إلى موقع العمل واستعمال المحافظة المباشرة.
- ✓ القيام بإجراءات التأمين اللازمة قبل وقوع الأضرار.
- ✓ تحديد توقيت نشاط الصيانة في الموقع بدقة.
- ✓ تسجيل الملاحظات والقياس وجميع المعلومات الضرورية.

وتنطوي الصيانة التصحيحية على نفس الخطوات السابقة لكن تتطلب مهمة إضافيةهي تحديد هوية الخطأ. من أجل تحديد موقع وطبيعة الفشل والتجديد اللازم أو الاستبدال.
(بنشوري نسيبة،2016، ص46)

## IV- 3- 2 الرقابة على أعمال الصيانة:

تعتبر الرقابة أفضل آلية عمل للسيطرة على الجهود الشاملة لإدارة الصيانة وتحقيق أهداف المؤسسة. فالرقابة على أعمال الصيانة تسعى إلى ضمان التطابق بين النتائج والأهداف المسطرة فقد تكون رقابة قبلية أي أثناء التنفيذ حيث يمكن القيام بإجراءات تصحيحية قبل ظهور النتائج، وقد تكون بعدية أي بعد نهاية العملية المعنية بالصيانة.

وتنطوي عملية الرقابة على أربع خطوات ضرورية وهي :

- ✓ وضع الأهداف والمعايير.
- ✓ قياس الأداء.
- ✓ مقارنة النتائج مع الأهداف والمعايير.
- ✓ اتخاذ إجراءات تصحيحية.

(بنشوري نسيبة،2016، ص49)

## خلاصة:

تحدثنا في هذا الفصل عن الصيانة كمفهوم بسيط يعني فقط الإصلاح ولا يتعدى ذلك إلا بعد ظهور التطورات التكنولوجية والمعلوماتية الحاصلة في المؤسسات مما حتم الانتقال النوعي إلى إدارة الصيانة كعملية إدارية تحتاج لمختلف الوظائف التسييرية بشكل عام وبالضرورة تحدثنا عن تطورها التاريخي ماهيتها، أهدافها وأنواعها وعن الاتجاهات الحديثة فيها وانتقال مفهومها وتطوره من الصيانة كتكاليف إلى صيانة كمصدر للأرباح وعن مختلف وظائفها وتبعا لموضوع مذكرتنا سنحاول التطرق في الفصل الثاني لأساليب شبكات الأعمال وربطها بإدارة الصيانة كما سنحاول التعرف على أهمية تطبيقها على إدارة الصيانة.

# الفصل الثاني

## تمهيد:

تستخدم بعض الأساليب الكمية في إدارة الصيانة من خلال تحليل الأهداف وتجزئتها إلى مراحل ثم إنجازها حسب الأوقات الزمنية المحددة لها للوصول إلى الأهداف النهائية ومن أهم هذه الأساليب الكميـة نجد أساليب شبكات الأعمال أو التحليل الشبكي، ويعتبر استخدام التحليل الشبكي من أهم الوسائل المستخدمة في حل المشاكل التي تواجه إدارة الصيانة وبالأخص أعمال الصيانة الكبيرة والمعقدة، وتفيد المسير في التخطيط وجدولة العمليات المختلفة واللازمة لأداء عملية معينة بحيث يتم تنفيذها بأعلى كفاءة ممكنة.

في كثير من الأحيان يواجه أصحاب القرارات في المؤسسات وفي ورشات العمل إشكالية تنظيم وجدولة أعمالها، من أجل الوصول إلى الأهداف المرجوة بأقل التكاليف وفي أسرع وقت بحيث تكون متقنة وذات جودة عالية.

وبالتالي من خلال هذا الفصل سنحاول الإلمام بالعناصر التالية :

**I-** مدخل لشبكات الأعمال.

**II-** النماذج التقليدية لشبكات الأعمال.

**III-** النماذج الحديثة لشبكات الأعمال.

## I- مدخل لشبكات الأعمال :

يعد أسلوب تحليل الشبكي أحد أساليب تحليل وتصميم النظم Systems Analysis and Design وهو من الأساليب الفريدة التي توضح العلاقات المختلفة بين الأعمال والنشاطات اللازمة للمشروع من البداية إلى النهاية. ويوفر أسلوب تحليل الشبكة الأساس العلمي للتخطيط والمتابعة حيث أنه يقدم للقائمين على المشروع معلومات وافية عن ظروف سير العمل في تنفيذ المشروع والبدائل التي يمكن إتباعها لتجنب المشكلات والمعوقات أثناء مراحل التنفيذ مما يسهم في وضوح الصورة عن التفاصيل التي يتكون منها المشروع، إلى جانب ذلك فإن تحليل الشبكة يساعد في تقدير التكلفة التقديرية وحساب الوقت المتوقع للتنفيذ والمستلزمات البشرية والمادية اللازمة.
وقد أصبح هذا الأسلوب أحد أهم الأساليب المستخدمة في الإدارة حيث يوفر المعلومات التي تمكن المسئولين التنفيذيين من اتخاذ القرارات على أسس واقعية سليمة.

## I- 1 لمحة تاريخية عن شبكات الأعمال:

تم استخدام أسلوب التخطيط وجدولة المشاريع في وقت مبكر من قبل هنري جانت (H.Gantt) في عام 1917م الذي كان شكله على شكل شريطي حيث كان يستخدم بسهولة في عمليات التخطيط والرقابة على الأعمال ولكنه كان يستخدم في المشاريع الصغيرة فقط أي لا يلائم المشاريع الكبيرة. إذ كان أول أسلوب يربط بين كمية العمل والزمن وكذلك تم استخدام أسلوب المسار الحرج CPM في سنة 1957م من قبل كيلي (J.E Kelly) الذي كان في شركةRemingan ran. و والكر (MR.Walker) الذي كان في شركة Du Pont. حيث استخدموها في جدولة عمليات الصيانة بسبب الأعطال في مصانع المواد الكيميائية حيث شاع استخدامه وسمي باسم أسلوب المسار الحرج Critical Path Method وفي الوقت نفسه تم استخدام أسلوب أخر في وزارة الدفاع الأمريكية من قبل مجموعة من الباحثين حيث تم ابتكار أسلوب تقنية مراجعة البرامج وتقييمها Program Evaluation and Review technique حيث طبق هذا الأسلوب على مشروع صواريخ بولاريس حيث تم تقليص الزمن المخصص لإنتاج الصواريخ بسنتين.

(بشرى صبيح كاظم،2014،ص04)

## I- 2 مفهوم شبكات الأعمال:

### I- 2- 1 تعريف التحليل الشبكي:

تتعدد التعاريف المقدمة للتحليل الشبكي لنجد من بينها :
- تُعرف شبكة الأعمال Network بأنها " تمثيل بياني لمجموعة من الأنشطة المترابطة والمتتابعة التي يتكون منها مشروع معين ويظهر تسلسل الأنشطة والأحداث لإنجاز المشروع وبحسب تتابعها الفني والمنطقي."

(حيدر شاكر نوري،2018، ص176)

- هي خطة المشروع التي تظهر الأنشطة المترابطة و المتتابعة ممثلة بمخطط التنفيذ لهذه الأنشطة وبفترات زمنية مقدرة من وقت الابتداء إلى وقت الانتهاء .

(عبد الرزاق الموسوي ،2008، ص134)

## I- 2- 2 تعريف بعض المصطلحات المستخدمة:

هناك مجموعة من المفاهيم الأساسية التي سترد في البحث، وسيتم الاعتماد عليها في توضيح الأسس العلمية للموضوع المدروس، وسوف نستعرض منها المفاهيم التالية :

- **شبكة الأعمال Network:** هي المخطط لسير العمليات من بداية المشروع حتى نهاية المشروع ضمن تسلسل زمني معين (محدد).

(يزن ابراهيم،2005، ص123)

- **الحدث Event:** هو لحظة من الزمن، وهو المحدد لبدايات ونهايات أنشطة المشروع. ويتم تمثيله على الشبكة إما بدائرة، مربع أو مستطيل، وهذا ما يبينه الشكل.

(عبد الرزاق،2008، ص137)

**الشكل رقم (7):** التمثيلات المختلفة للحدث.

**المصدر:**(علي حسين علي،1999، ص282)

- **النشاط Activity:** هو جزء من المشروع الذي يتطلب لتنفيذه موارد بشرية ومادية ويستغرق وقتا محددا له بداية وله نهاية .

ويتم تمثيل النشاط على الشبكة كما يلي : ⟶

- **النشاط الوهمي Dummy Activity** : يمثل هذا النشاط على المخطط الشبكي بسهم متقطع يربط بين فعالية وأخرى. ويوضع لغرض إجراء التسلسل و الترابط المنطقي على المخطط ولا يحتاج إلى وقت أو موارد بل تكون هذه القيم صفراً .

(عبد الرزاق الموسوي،2008، ص136)

ويتم تمثيله كما يلي : ------⟶

- **النشاط الحرج Critical Activity**: هو النشاط أو مجموعة الأنشطة التي تقع على المسار الحرج، الذي يبدأ من الحدث الأول وينتهي بالحدث الأخير. وان ما يميز هذا النشاط عن غيره هو أن التأخير في تنفيذه ، سينعكس على كل وقت المشروع.

(عبد الرزاق الموسوي،2008، ص138)

- **المسار Path:** يعبر عن الحركة من بداية المشروع إلى نهاية المشروع عبر الخطوط المستقيمة وضمن تسلسل زمني.

(يزن ابراهيم مقبل،2005، ص125)

- **المسار الحرج Critical Path:** هو المسار الذي يحتاج إلى أطول مدة زمنية.

(يزن ابراهيم مقبل،2005، ص126)

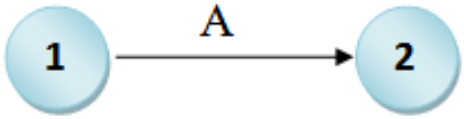
## I- 2- 3 قواعد وأسس بناء شبكات الأعمال:

إن عملية رسم شبكة الأعمال تتطلب في البداية تجزئة المشروع إلى مجموعة من المراحل (الأنشطة) و تحديد التسلسل المنطقي والزمني لإنجاز هذه الأنشطة وفقا للقواعد والأسس التالية :

1- تبدأ شبكة الأعمال بحدث واحد فقط هو حدث البداية الذي لا نشاط سابق له.

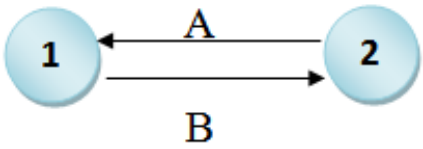
2- تنتهي شبكة الأعمال بحدث واحد فقط هو حدث النهاية الذي لا نشاط لاحق له.

3- يمثل كل نشاط بسهم واحد ويشير رأس السهم إلى اتجاه انسياب العمل وغالبا ما يكون النشاط واقع بين حدثين كما يلي :




فالنشاط A واقع بين الحدثين 1 و 2

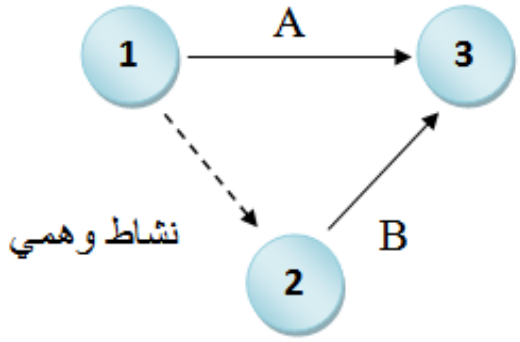
4- لا يجوز ربط حدثين بأكثر من نشاط واحد كما يلي :




(أكرم محمد عرفان،2004، ص178)

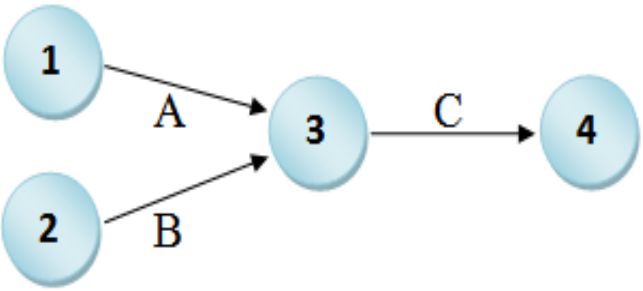
وذلك لأن انتهاء النشاطين A و B المبتدئين من حدث البداية عند حدث واحد يخالف قواعد بناء شبكات الأعمال التي تفترض وقوع كل نشاط بين حدثين مستقلين وإن تطلب الأمر إنجازهما في نفس الوقت مع اختلاف الزمن الذي يستغرقه كل نشاط. ولعلاج مثل هذه الحالة يتم استحداث نشاط

وهمي على شكل سهم متقطع لا يخصص له وقت ولا إمكانات مادية لتميزه عن الأنشطة الحقيقية كما يلي :




والهدف من ذلك هو تحقيق التتابع المنطقي في تسلسل تنفيذ الأحداث ولغرض الالتزام بالقواعد الأساسية في رسم شبكات الأعمال، فالنشاط A أصبح مساره (1-3) و النشاط B أصبح مساره (2-3).

5- لا يجوز البدء بنشاط جديد إلا بعد التأكد بأن جميع الأنشطة السابقة للنشاط المعني قد تم إنجازها.




ففي هذه الشبكة لا يمكن البدء بالنشاط C إلا بعد إنجاز النشاطين A و B مع الملاحظة أن النشاطين A و B قد بدأ معا وإن طول السهم الممثل لأي نشاط ليس له أية دلالة.

(أكرم محمد عرفان،2004، ص179)

## I- 3 أهمية التخطيط الشبكي:

يقوم التخطيط الشبكي على أساس تحليل المشروع تحليلا هيكلياً وزمنياً، وفق ترتيب منطقي لأنشطته التي يتطلب إنجازها زمناً وموارد مختلفة. إن الاعتماد على أسلوب كهذا في تخطيط وجدولة ورقابة المشروعات الإنشائية أو الخدمية أو الإنتاجية له دور مهم يتمثل في النقاط التالية :

(أيمن يوسف،2013، ص110)

- ✓ مساعدة الإدارة في تغيير الخطة كلما تطلب ذلك بالإضافة إلى دراسة البدائل.
- ✓ السماح بتخطيط مسبق جزئي لمجموعة من الفعاليات لغرض تعجيل عملية التخطيط النهائي الكامل.

- ✓ المساعدة في اختيار أفضل الطرق لإنجاز الأعمال.
- ✓ المساعدة في وضع خطة عمل للمشروع في مرحلة الإعداد والتنفيذ.
- ✓ المساعدة على تحقيق أهداف المشروع بأقل كلفة ممكنة.
- ✓ تعتبر وسيلة لتدريب العاملين بمستوى معين من الكفاءة والمهارة لإنجاز الأعمال بالمستوى المطلوب وفي المواعيد المحددة.
- ✓ السيطرة على التخزين من خلال السيطرة على تخزين المواد ومساحة المخازن المطلوبة وأماكن تواجدها.
- ✓ تحديد أوقات الابتداء والانتهاء المبكر والمتأخر لكل نشاط، ثم تحديد أنشطة المسار الحرج.
- ✓ وسيلة للرقابة وتقديم تقارير متابعة وبالتالي توفير نظام للمعلومات يؤدي إلى اكتشاف نقاط الإرباك في العمل ووضع الحلول ألمناسبة.

(خالد ضاري عباس الطائي،2015، ص121)

## II- النماذج التقليدية لشبكات الأعمال:

نتيجة للحاجة الماسة لوجود أساليب علمية تساعد المديرين على جدولة ومتابعة المشاريع وكانت أول بوادر التخطيط المبني على أسس علمية وعملية التي ظهرت في بداية القرن العشرين حيث نشر كل من هنري جانت وفريدريك تايلور أول نموذج يربط بين كمية العمل والزمن على شكل خرائط ذات محورين.

وفي نهاية الخمسينات ظهر أسلوبين من شبكات الأعمال هما: طريقة المسار الحرج (CPM) وطريقة تقييم ومراجعة البرامج (PERT) ويقدم كل من هذين الأسلوبين مدخل بياني لجدولة وتخطيط المشاريع حيث يساعد مدير المشروع في تصور الأزمنة اللازمة والوقت المتوقع لإنجازها وتحديد العلاقات الفنية بينها.

وتعتبر كل من هذه الأساليب نموذج تقليديا من نماذج شبكات الأعمال التي قامت على أساسها نماذج شبكات أعمال أكثر تطورا .

(حمدي فؤاد علي،1982، ص292)

## II- 1 مخطط جانت Gantt chat:

يعد أسلوب المخطط الشبكي الوسيلة التقليدية الرئيسية المستخدمة في وضع خطط المشروعات ومراقبة تنفيذ العمل وتطوره، وتعتبر إحدى الطرق الحديثة نسبيا في إدارة المشاريع.

### II- 1- 1 تعريف أسلوب جانت Gantt:

يعد مخطط Gantt أحد أدوات تخطيط المشاريع، حيث يقوم بإظهار المهام بشكل بياني كالتقويم مثلاً. وقد سميت هذه المخططات كناية للعالم Henry Gantt الذي طورها في عام 1917م، وتبين

هذه المخططات متى تبدأ الأنشطة، ومتى تنتهي، كما وتظهر أنشطة المشروع بشكل أشرطة تتناسب أطوالها مع مدة النشاط، وترتبط بالإطار الزمني مباشرة.
يحتل كل نشاط في هذا المخطط سطراً واحداً، وتظهر التواريخ في الأعلى كالأيام، الأسابيع أو الأشهر وذلك حسب المدة الكلية للمشروع، ويتم تمثيل الوقت المتوقع لكل نشاط بشريط أفقي تُعلم نهايته اليسرى البداية المتوقعة للنشاط، في حين تُعلم نهايته اليمنى تاريخ إتمام النشاط المتوقع.
. (نجم عبود نجم،2001، ص216)

ومن الواضح أن هذه المخططات تتسم بمجموعة من الخصائص نذكر منها :

- الاستخدام الأمثل للوقت وللموارد (بشرية، آلات، ...الخ ).
- معرفة ومراقبة الأجزاء التي تم تنفيذها.
- ضبط الموارد لكل حالة.
- معرفة مدى التكاليف المستخدمة.
- متابعة درجة تقدم الأعمال.

## II- 1- 2 مزايا أسلوب جانت Gantt:

مخطط جانت من أول طرق تخطيط المشاريع الحديثة ويتصف بعدد من المميزات من أهمها:

- ✓ يتم تمثيل الأنشطة ببساطة وكذلك قراءة المخطط وتحليله وفهمه بسهولة.
- ✓ يعرض تقدم النشاط بوضوح شديد.
- ✓ يمثل الطريقة السهلة للمقارنة بين المخطط الفعلي والواقع.
- ✓ يعد أداة لا يمكن الاستغناء عنها في تقدير الحاجات من الموارد.
- ✓ يمكن من التنبؤ بالتدفق النقدي.
- ✓ يعتبر أداة فعالة للتخطيط والرقابة.
- ✓ يستخدم مخطط جانت كوثيقة رئيسية لعملية اتخاذ القرارات الإدارية.

(علي حسين علي،1999، ص280)

## II- 1- 3 عيوب أسلوب جانت Gantt:

بالرغم من المزايا التي يتمتع بها هذا المخطط إلا أن لديه مجموعة عيوب من أهمها :

- ✓ لا يظهر تداخل العلاقات بين النشاطات.
- ✓ لا يقيم مدى تأثير تأخير نشاط معين على باقي النشاطات أو في المشروع ككل.
- ✓ لا يعطي معلومات تفصيلية عما تم إنجازه من المشروع إنما قد يعدل لإعطاء مؤشر (نسبة مئوية) عما تم إنجازه من كل نشاط في المشروع.

(غالب العباسي،2008، ص123-124)

- ✓ لا يظهر تأثير احتمالية إنجاز النشاطات وتأثيرها في سير المشروع.
- ✓ صعوبة تمييز الأسبقية في العلاقات بين النشاطات وتحديديها.
- ✓ التأخير في أحد النشاطات يستوجب إعادة النظر في كل الخارطة المكونة للمشروع.

(غالب العباسي،2008، ص123-124)

## II- 2 طريقة المسار الحرج CPM:

تعد طريقة المسار الحرج أقدم طريقة من بين طرق التحليل الشبكي المستخدمة في عملية تخطيط وجدولة المشروعات. تمتاز هذه الطريقة ببساطتها وسهولة استخدامها وفهمها وتطبيقها.

### II- 2- 1 تعريف طريقة المسار الحرج CPM:

يمكن تعريف المسار الحرج : بأنه المسار الذي يضم مجموعة من الأنشطة والذي يستغرق زمنا أكثر من كافة المسارات في الشبكة، ويعتبر هذا المسار هو الأكثر خطورة في شبكة المشروع .

### II- 2- 2 خطوات تحديد المسار الحرج CPM:

من أجل تحديد المسار الحرج لابد من إتباع مجموعة الخطوات المتسلسلة وهذه الخطوات تتلخص بما يلي :

1- تحديد الأنشطة التي يتكون منها المشروع وطبيعة العلاقة أو التتابع فيما بين هذه الأنشطة وكذلك الأوقات اللازمة لتنفيذ كل منها.

2- رسم الشبكة الممثلة لهذه الأنشطة وفقا لطبيعة العلاقات فيما بينها والتي تعتمد على تسلسل أو تتابع التنفيذ، حيث أن هذه الأنشطة تعتمد على بعضها البعض، وهذا يعني أنه لا يمكن البدء بعضها قبل إنهاء نشاط أو مجموعة من الأنشطة الأخرى .

3- تحديد وقت البداية المبكر Early start لكل نشاط من الأنشطة، وهذا يعني أبكر أو أسرع وقت يمكن أن تبدأ به كل منها، وهذا الوقت يكون دائما صفر لأول نشاط أو مجموعة الأنشطة الواقعة في بداية المشروع.

(محمد الطراونة ،2009، ص302)

4- تحديد وقت الإنهاء المبكر Ealy finish لكل نشاط، وهذا الوقت هو عبارة عن وقت البداية المبكر لأي نشاط + الوقت اللازم لتنفيذه .

5- تحديد وقت البداية المتأخر Late start، وهذا يمثل أقصى تأجيل أو تأخير في أوقات بداية الأنشطة دون أن يؤثر ذلك على المشروع بالكامل .

(محمد الطراونة ،2009، ص303)

6- تحديد وقت الإنهاء المتأخر Late finish، وهو عبارة عن وقت البداية المتأخر لأي نشاط + الوقت اللازم لتنفيذه .

7- تحديد الوقت الفائض أو المتاح وهو عبارة عن وقت البداية المتأخر – وقت البداية المبكر أو وقت الإنهاء المتأخر– وقت الإنهاء المبكر .

(محمد الطراونة ،2009، ص303)

## II- 2- 3 مزايا طريقة المسار الحرج CPM:

- ✓ تسمح بإدارة المشروع والتحكم في المدة الزمنية له.
- ✓ هي أداة من الأدوات التي تساعد على عملية التنبؤ في المؤسسة.

(سونيا محمد البكري،2003، ص130)

- ✓ تحدد الأنشطة الحرجة التي يجب أن تتم ملاحظة عملية تنفيذها بعناية كاملة.
- ✓ تحدد أوجه النشاط التي يجب تقليل فترة انجازها إذا كانت هناك رغبة في تخفيض وقت إتمام المشروع بقدر معين من الوقت.

(أحمد يوسف دودين،2014، ص162)

## II- 2- 4 عيوب طريقة المسار الحرج CPM:

- ✓ لا تقوم حسابات طريقة المسار الحرج بإدراج الموارد في صياغتها فهي تقتصر فقط على أزمنة الأنشطة.
- ✓ استخدام مدة زمنية قاطعة فإن الافتراض الأساسي في طريقة المسار الحرج أن أزمنة تنفيذ المشروع هي أزمنة أكيدة وواحدة إلا أن في الواقع قد يفرض احتمالية حدوث ظروف ما تؤدي إلى تغيير أزمنة الأنشطة.
- ✓ تستند عملية رقابة المشروع إلى المسار الحرج فأثناء التنفيذ قد يتأخر نشاط ما ليسَ على المسار الحرج ويؤثر على زمن المشروع بالزيادة.

(سونيا محمد البكري،2003، ص130 )

- ✓ تكون تقديرات زمن النشاط في طريقة CPM محكومة بأهواء وميول من يقدرها فالشخص القائم بعملية التقدير قد يكون متفائلا فيقدم تقديرات لزمن النشاط ليكون قصيرا أو يقدم تقديرات تكون فيها أزمنة النشاط مطولة عندما يكون متشائما.
- ✓ طريقة المسار الحرج اهتمامها الأول والأخير بأزمنة الأنشطة فهي لا تعالج الجوانب المتعلقة بتخفيض تكاليف المشروع.

(نعيم نصير،2005، ص196)

## II- 3 أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT :

ظهرت طريقة PERT التي هي اختصار لـ: Program Evaluation and Review technique في عام 1958م في إحدى الشركات الأمريكية المصنعة للصواريخ بهدف تخفيض الوقت المطلوب لانجاز المشروع .

### II- 3- 1 تعريف أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT:

يعتبر هذا الأسلوب هو أحد أساليب التحليل الشبكي والذي يشبه إلى حد ما أسلوب المسار الحرج من حيث رسم شبكة الأعمال ولكنها تختلف عن طريقة المسار في أن هناك وقت واحد أي زمن واحد لإنهاء النشاط في حين أنه بالنسبة لطريقة بيرت فإن وقت إنهاء النشاط أكثر من وقت وهي احتمالية، وهذه الأوقات الاحتمالية هي ما بين الإنجاز المبكرة والإنهاء المبكرة والوقت الذي يوجد بينهما .

و على كل حال فإن الأوقات الاحتمالية لإكمال أي نشاط هي :

**- الوقت المبكر أو التقدير التفاؤلي Optimistic time Estimate:**

وهو الزمن الذي يتوقع أن يتم فيه النشاط لو كان كل شيء يسير بالطريقة الصحيحة التي خطط لها وبنفس الإمكانيات المتاحة. وهو الزمن الذي يفترض فيه أفضل الظروف وهو الذي يمثل الحد الأدنى للنشاط ويرمز له بالرمز (Ot).

(علي حسين علي،2008، ص249)

**- الوقت الأكثر احتمالاً Most Likely time Estimate :**

وهو الزمن الذي يتوقع أن يتم انتهاء النشاط فيه تحت ظروف طبيعية وتكون درجة أو نسبة احتمالها عالية جدا وذلك بسبب الاطمئنان و ضعف احتمالات التشاؤم ويرمز له بالرمز (Mt).

**- الوقت المتأخر أو التشاؤمي Pessimistic time Estimate :**

وهو الزمن الذي يتوقع أن ينتهي فيه النشاط وتشير التقديرات إلى أكثر تحفظا وذلك لتوقع حدوث مشاكل ومعوقات تجعل تنفيذ هذا النشاط معتمدة على الخط، و يرمز له بالرمز (Pt).

(علي حسين علي ،2008، ص250)

### II- 3- 2 الخطوات المتبعة في تحليل أسلوب PERT:

بافتراض أن مشروع معين مكون من أنشطة ولتكن (a, m, b) الثلاث التقديرات لازمة تنفيذها المتفائل، الأكثر احتمالا، المتشائم على التوالي، ولتكن المتغيرة العشوائية( ع) التي تقيس الزمن

المتوقع لتنفيذ النشاط والتباين تتبع توزيع بيتا والخطوات المتبعة لتحليل هذا المشروع بأسلوب PERT هي :

1- لحصول على تقديرات(a, m, b) لكل نشاط بناءا على توزيع بيتا الاحتمالي.

2- حساب مدة النشاط المتوقعة (time Expected) وتباين النشاط (Variance) على النحو:

| المدة المتوقعة | التباين | الانحراف المعياري |
|---|---|---|
| $D_i = \frac{a_i + 4m_i + b_i}{6}$ | $v^2 = \frac{(b_i - a_i)^2}{6}$ | $\sigma = \sqrt{v_i}$ |

3- تحديد المسار الحرج تستخدم لأجل ذلك الخوارزمية التالية مع التنبيه إلى وجود نوعين من الحسابات في شبكة PERT الحسابات الأمامية والحسابات الخلفية وللتوضيح نستعين بالرمز t(i,j) التالي للإشارة إلى زمن تنفيذ النشاط الذي يربط الحدث (i) بالحدث (j) مع $t_{(1)}=0$ بحيث:

- ✓ الزمن المبكر لحدث البداية t(i)
- ✓ الزمن المتأخر لحدث البداية t'(i)
- ✓ الزمن المبكر لحدث النهاية t (j)
- ✓ الزمن المتأخر لحدث النهاية t'(j)

الحسابات الأمامية (Forward Pass Calculations ) :

$$t(j)= MAX[\ t(i)+t(i,j)\ ]$$

الحسابات الخلفية (Backward Pass Calculations ) :

$$t(i)=MIN[t'(j)- t(i,j\ )]$$

كذلك لتحديد المسار الحرج يجب حساب الوقت الفائض (الهامش) (slack) .

4- حساب تباين مدة المشروع : ($V=S^2$) أي مجموع تباين أنشطة المسار الحرج ولتكن مثلا ($t_1$ ,$t_2$, $t_3$) باستخدام المعادلة التالية:

- $S^2= v(t_1) +v(t_2)+v(t_3) = xx$
- $S=\sqrt{xx}$

(Alberto De Marco,2011,143)

5- وأخيرا يتم حساب احتمال تنفيذ المشروع عند نقطة زمنية معينة (T) :إذا قمنا بتعريف (η) كمتغير عشوائي جديد بحيث:

$$\eta = \xi 1 + \xi 2 \ldots\ldots + \xi i \ldots\ldots + \xi n = \sum \xi i$$

وتبعا لنظيرة النهاية المركزية فان توزيع مجموعة (n) من المتغيرات العشوائية والتي تتوزع بنفس الطريقة وبشكل مستقل يتقارب مع التوزيع الطبيعي الذي متوسطه (M) وتباينه ($V^2$)هو مجوعة المتوسطات والتباينات لـ (n) متغيرات عندما تؤول (n) إلى ما لانهاية:

$$[\ M=\sum_{i=1}^{n} D_i ; V^2 = \sum_{i=1}^{n} V^2_i\ ]$$

ومنه إذا ما أردنا حساب احتمال انجاز المشروع عند الزمن (T) يجب حساب :

$$P(\eta \leq T) = F(T)$$

ومما سبق ينتج ('η) متغير طبيعي متوسطه (0) وتباينه (1) وبالتالي يسهل حساب الاحتمال بالاستعانة بالإحصائية (Z) أي :

$$P('\eta \leq \frac{X-M}{V}) = \theta$$

حيث :

X: المدة المستهدفة نقطة الزمن (T)

M: مدة تنفيذ المشروع المحسوبة

V: تباين مجموع أنشطة المسار الحرج

θ: الإحداثية المولدة لقيمة الاحتمال من التوزيع الطبيعي المعياري ذو المتوسط (0) والتباين (01).

(Verónica Morales ,2009, P226-236)

## II- 3- 3 مزايا أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT:

يتميز هذا الأسلوب من شبكة الأعمال بـ :

- ✓ أنه يعتبر قاعدة يتم الاعتماد عليها في عمليات التخطيط و التنبؤ في المشاريع .
- ✓ يساعد الإدارة في التعامل مع الأخطاء المصاحبة لأي مشروع .
- ✓ يمثل أساسا مهما من أسس عملية اتخاذ القرار .
- ✓ يمثل هذا الأسلوب وسيلة رقابة.

(علي حسين علي،2008، ص251)

## II- 3- 4 عيوب أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT:

تعرض أسلوب PERT لبعض الانتقادات نتيجة لما لها من عيوب ومن أهم هذه العيوب ما يلي:

- ✓ تفرض طريقة PERT أن الأنشطة مستقلة لكن في الواقع يكون زمن نشاط معتمدا على الصعوبات المواجهة في إنجاز الأنشطة الأخرى.
- ✓ يمثل الحصول على ثالث تقديرات زمنية صحيحة لوضع الصيغة فمن الصعب غالبا الوصول إلى تقدير زمن نشاط واحد.
- ✓ إن قيم المتوسط والتباين المستخدمة في أسلوب PERT للتوزيع الإحصائي B ما هي إلا متوسطات وتباينات لقيم متطرفة وليس متوسطات ومتغيرات عشوائية يتم بها تقدير الأوقات الثالثة.

(نعيم نصير،2005، ص196)

## III- النماذج الحديثة لشبكات الأعمال :

تفترض نماذج شبكات الأعمال التقليدية أن الأنشطة الخاصة بالمشروع محددة وستنجز تماما ولا يمكن أن يبقى نشاط واحد دون تنفيذ طوال مدة المشروع، كما أنها لم تعالج مسألة عدم التأكد المرافق لأزمنة أنشطة المشروع، فرغم أن PERT يعتمد على معلومات ذات طبيعة احتمالية إلا أن الزمن اللازم لإنجاز أي نشاط يبقى غير معلوم أو مؤكد، نظرا لإهمالها العوامل النوعية المؤثرة في عامل الزمن، ولهذا ظهرت النماذج الحديثة التي تطورت اعتمادا على الأساليب التقليدية لتعالج هذه المشاكل وهي تقنية التقويم والمتابعة البيانية GERT ونظرية المجوعات الضبابية.

## III- 1 تقنية التقويم البياني والمراجعةGERT :

وضع نمـوذج شبكة GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) ليعالج قصور الشبكات التقليدية ويكون أكثر واقعية منها في تخطيط المشروع وجدولته زمنيا هذا ويعد نموذج شبكة GERT تطويرا لنموذج شبكة PERT التقليدية. وهذا ما يوضحه تعريف هذا النموذج.

### III- 1- 1 تعريف أسلوب GERT :

هو حالة معدلة لكل من أسلوب (PERT,CPM) ويقوم هذا الأسلوب على افتراض جميع الأزمنة تأخذ مكانها ولكن كل نشاط له احتمالية الحدوث في شبكة الأعمال.

(فؤاد زميت،2011-2012، ص73)

## III- 1- 2 خطوات تحليل أسلوب GERT :

- ✓ تحديد وصف الأنشطة بحيث يشمل وصف كل نشاط الاحتمالات المتعلقة بهذا المشروع.
- ✓ تحويل الأزمنة المحتملة للمشروع إلى مسارات بنموذج شبكة الأعمال لتوضيح تتابع هذه الأزمنة بالرسم.
- ✓ تحديد نسبة الاحتمالات المتعلقة بكل نشاط محتمل أو بكل مسار.
- ✓ جمع بيانات الوقت والتكلفة المتعلقة بالأزمنة المحتملة للعملية.
- ✓ حساب التوليفات المحتملة للأنشطة المحتملة أو المسارات، تم تحديد نسبة الاحتمال بكل توليفة وتحديد إجمالي تكاليف ووقت كل توليفة.
- ✓ تحديد التكلفة الاحتمالية والوقت الاحتمالي للمشروع مع تحديد المسارات التي يمكن أن تحقق وفرات في التكلفة والوقت.

(محمد عبد الفتاح الصيرفي،2002، ص100)

## III- 1- 3 عناصر شبكة GERT:

و تتمثل العناصر التي تتضمنها شبكة GERT بالأسهم و العقد.

❖ **الأسهم :**

نميز بين نوعين من الأسهم : أسهم موجهة وفق الاتجاه المعتمد في رسم الشبكة وأسهم معلومة الاتجاه تشكل الروابط العكسية والحلقات التكرارية التي تعد إحدى الصفات المهمة التي تميز شبكة GERT عن غيرها من النماذج الشبكية وتمثل هذه الأسهم أنشطة المشروع وهي نوعين:

- **نشطة محددة:** تعد أحداثا احتمالية أكيدة أي لابد من إنجازها حتى يستمر العمل في المشروع ويكون احتمال التنفيذ فيها ($P_0=1$) حيث $P_{(ij)}$ احتمال تنفيذ النشاط (i j)

- **أنشطة احتمالية:** و هي الأنشطة التي تنفذ باحتمال معين يحقق العلاقة التالية: $0 \leq P_{(ij)} \leq 1$

حيث عندما يكون $P_{(ij)} = 0$ يقدر النشاط ( i , j ) دون تنفيذ طوال مدة المشروع.

تشير الأسهم ذات الاتجاه المعاكس ( الحلقات التكرارية) إلى أنه من الممكن لنشاط أو لحدث معين أن يكون منفذا أكثر من مرة واحدة.

(محمود العبيدي،2009، ص366)

❖ **العقد:**

نميز الأنواع التالية من العقد في شبكة GERT :

- **عقدة المصدر :** هي كل عقدة لا يصل إليها أي سهم بل ينطلق منها الأسهم حيث تمثل حدث بداية المشروع تعطى الرقم (1).

(Moder J.and C. Phillips,1983, P323)

- **عقد المصب :** عقدة لا ينطلق منها أي سهم بل تصل إليها الأسهم تمثل عقدة المصب حدث نهاية المشروع، حيث تحوي شبكة GERT على عدد من أحداث النهاية الممثلة بعقدة المصب على عكس الشبكات التقليدية وتمثل عقد المصب بيانيا بنصف دائرة.

- **عقد إحصائية :** وهي عقد احتمالية وليست عقد مصب أو مصدر، حيث ينطلق منها سهم أو أكثر كما يدخل إليها سهم أو أكثر، حيث ينبغي أن تكون الأنشطة الممثلة بالأسهم الصادرة عن تلك العقد أنشطة احتمالية.

- **عقد العلامة :** عقد محددة يصل إليها سهم أو أكثر وينطلق منها سهم آو أكثر وتكون الأنشطة الممثلة بالأسهم الصادرة عنها أنشطة محددة أي احتمال انجازها يساوي (1) أما الأنشطة الداخلة إليها فقد تكون أنشطة محددة أو أنشطة احتمالية وذلك حسب العقدة التي تصدر عنها تلك الأسهم.

(A B Plilsker,1966, P6-7)

## III- 2 التخطيط الشبكي بنظرية المجموعات الضبابية:

في عام 1962م قام البروفيسور" لطفي زاده " " Lotfi A Zadeh " بطرح أول مقالة له والمسماة بالرياضيات المبهمة (الضبابية) ( fuzzy mathematics ) دون أن يعلم بدقة أي نوع من النظريات أنشئها وفي عام 1965م قدم مصطلح الكيانات الرياضية الجديدة تحت اسم المجموعات الضبابية (fuzzy sets) كأصناف أو كمجموعات ليست بالمعنى المعتاد للمجموعات التقليدية (Crips) حيث تم اعتمادها كنظرية جديدة سميت بنظرية المجموعات الضبابية (fuzzy set theory) .
إن كلمة الضبابية (fuzziness) قدمت من طرف البروفيسور "لطفي زاده" وطورت لأجل وصف الكم الهائل من المعلومات والتي تستخدم يوميا في صنع القرارات حيث لا يمكن للمعنى الرياضي وصفها بدقة.

(Eyke Hullermeier, 2010, P357)

تعتبر نظرية المجموعات الضبابية والمنطق الضبابي من الأدوات الأكثر فاعلية لنمذجة الأنظمة المعقدة، واعتبار تنفيذ المشاريع بشكل كمي مع الغموض وعدم التأكد يمكن لها تطبيق هذه النظرية لتقديم نموذج رياضي يستخدم حالة عدم التأكد لتحديد البديل الأفضل من البدائل المتاحة ولمعرفة هذه المجموعة يجب أن نتطرق إلى تعريفها والمتمثل في:

### III- 2- 1 مفاهيم حول المجموعات الضبابية:

تعني كلمة الضبابية الغموض وعدم الوضوح وتعني عدم التأكد الاحتمالي ذي الصفة العشوائية.

أما المجموعة الضبابية (a fuzzy set) فهي تطور واسع للمجموعة المحددة أو التقليدية (a traditional crisp set) والاختلاف بينهما يكمن في درجة انتماء العنصر إلى المجموعة حيث تكون العناصر في نظرية المجموعات المحددة إما منتمية أو غير منتمية إلى المجموعة أي درجة الانتماء مساوية للواحد أو تكون تساوي الصفر إذا كان العنصر لا ينتمي للمجموعة بينما في المجموعة الضبابية توصف المجموعة العناصر بطريقة تسمح بالانتقال التدريجي من كونها عنصر المجموعة إلى كونها غير عنصر أي لكل عنصر درجة انتماء تتراوح بين الصفر والواحد.

كما عرفها (Zadeh,1965 ) كالتالي: (المجموعات الضبابية هي أصناف من العناصر مع درجة انتماء مستمر وأن هذه المجموعات ميزت بدالة الانتماء (المميزة) التي خصصت لكل عنصر درجة انتماء مداه بين الصفر والواحد).

(George J.klir and Bo Yuan ,1995, P59)

والشكل التالي يوضح الفرق بين المجموعة الضبابية و المحددة (التقليدية).

الشكل **رقم (8)** : مقارنة بين المجموعة التقليدية والمجموعة الضبابية.

**المصدر:** (جمال عمران،2011، ص103)

## III- 2- 2 العمليات على المجموعات الضبابية:

يوجد عدد من العمليات التي يمكن إبرازها على الأرقام الضبابية كما في المجموعات التقليدية وهي:

⌘ **العمليات على المجموعات الضبابية المتقطعة :**

✓ **التقاطع:** تقاطع مجموعتين ضبابيتين A و B . و هي مجموعة ضبابية تحوي عناصر A و B بدرجات انتماء تحقق العلاقة التالية:

$$\mu_{(A \cap B)} = \text{Min}\left(\mu_{(A)}, \mu_{(B)}\right)$$

✓ **الاجتماع:** اتحاد مجموعتين ضبابيتين A و B هو مجموعة ضبابية تقدم درجات الانتماء فيها التالية بالعلاقة :

$$\mu_{(A \cup B)} = \text{Max}\ (\mu_{(A)}, \mu_{(B)})$$

✓ **العلاقة المرافقة:** هي مجموعة ضبابية لها عناصر المجموعة الأساسية نفسها والتي تكملها ولكن بدرجات انتماء مختلفة تحسب بالعلاقة التالية :

$$\mu_{a}(xi) = 1 - \mu_{a}(xi)$$

(شمشام حفيظة، 2013-2014، ص79)

⌘ **العلاقة الضبابية:**

إذا كانت A مجموعة ضبابية جزئية من المجموعة الشاملة (X) وكانت B مجموعة ضبابية من المجموعة الشاملة (Y) فإن العلاقة الضبابية R بين A و B تمثل الجداء الديكارتي لهما (B×A) والذي له تابع انتماء من الشكل التالي :

$$\mu_{A\times B}(x_i, y_j) = \mu_{r}(x_i, y_j) = \mu_{A}(x_i) \wedge \mu_{b}(y_j)$$

حيث $R(x_i, y_j)$ :علاقة ضبابية بين المتغيرين X و Y .

∧: يشير إلى القيمة الدنيا .

$\mu_{A\times B}(x_i, y_j)$ وتشير القيم I=1,2,3,.....n و j= 1,2,3.....m إلى درجة انتماء الزوج $(x_i, y_j)$

إلى الجداء الديكارتي و يعبر R بشكل مصفوفتي كما يلي :

**الجدول رقم (3):** الشكل المصفوفي للعلاقات.

| | | $Y_1$ ..... $Y_j$ ..... $Y_m$ |
|---|---|---|
| R = A* B | $X_1$ | $\text{Min}(\mu_a(x_1), \mu_b(y_1))$..... $\text{Min}(\mu_a(x_1), \mu_b(y_j))$ ..... $\text{Min}(\mu_a(x_1), \mu_b(y_m))$ |
| | . | |
| | . | $\text{Min}(\mu_a(x_i), \mu_b(y_1))$..... $\text{Min}(\mu_a(x_i), \mu_b(y_j))$ ..... $\text{Min}(\mu_a(x_i), \mu_b(y_m))$ |
| | $X_i$ | |
| | . | $\text{Min}(\mu_a(x_n), \mu_b(y_1))$..... $\text{Min}(\mu_a(x_n), \mu_b(y_j))$ ..... $\text{Min}(\mu_a(x_n), \mu_b(y_m))$ |
| | . | |
| | $X_n$ | |

**المصدر:** (شمشام حفيظة ،2013-2014، ص80)

يمكننا إجراء العمليات السابقة على العلاقات الضبابية نفسها باستخدام المعادلات التالية :

* $\cup^{n}_{K=1} R_k ( x_i , y_j) = \vee^{n}_{K=1} [\mu_{RK} ( x_i , y_j )]$ حيث :

$U_{RK}(x_i , y_j)$ هي درجة انتماء الزوج $(x_i , y_j)$ إلى العلاقة الضبابية K حيث $k=1,2,..n$ .

$\vee$ : هي الرمز الذي يشير إلى القيمة العظمى .

* $\cap^{n}_{K=1} R_k ( x_i , y_j) = \wedge^{n}_{K=1} [\mu_{RK} ( x_i , y_j )]$ حيث :

$\cap^{n}_{K=1} R_k ( x_i , y_j )$ تشير إلى تقاطع العلاقات الضبابية والتي عددها n بين العناصر X و Y.

$\wedge$ : هي الرمز الذي يشير إلى القيمة الدنيا .

* أما العلاقة المرافقة لعلاقة ضبابية فهي من الشكل : $\mu_{R-} ( x_i , y_j ) = 1 - \mu_{R-} ( x_i , y_j )$

(شمشام حفيظة ،2013-2014، ص80)

## ⌘ التركيب الضبابي :

هو علاقة ضبابية ناتجة عن تركيب علاقتين ضبابيتين حيث :

A مجموعة ضبابية جزئية من X و B من Y .

C مجموعة ضبابية جزئية من Z .

R العلاقة بين A و B .

T العلاقة بين B و C .

عندئذ تكون العلاقة الضبابية من A و C هي التركيب الضبابي بين A و T حيث يعبر عنها تابع الانتماء بالعلاقة التالية :

$$\mu_{TOR} ( x_i z_k ) = \max [ \min \mu_R ( x_i y_j ). \mu_T ( y_j z_k )]$$

حيث $\mu_{TOR} ( x_i z_k )$ هي درجة انتماء الزوج $( x_i z_k )$ إلى التركيب الضبابي .

(Lorterapong Pasit & Ossama Moselhi,1995, P299)

## ⌘ العمليات على الأرقام الضبابية:

ليكن **N** و**M** رقمين ضبابيين ممثلين بتابع انتماء بشكل منحرف كما يلي:

$$N = ( a_1, b_1, c_1, d_1 ) \text{ و } M = ( a_2, b_2, c_2, d_2 )$$

فإذا كان $M \subseteq N$ فان $U_{M(x)} \leq U_{N(x)}$ وتكون لدينا العمليات التالية:

$$M \oplus N = ( a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2 , d_1 + d_2 )$$

$$M \Theta N = ( a_1 - d_2 , b_1 - c_2, c_1 - b_2 , d_1 - a_2 )$$

$$\tilde{max}(M,N) = [V (a_1,a_2), V(b_1,b_2), V(c_1, c_2), V( d_1,d_2)]$$

$$\tilde{min}(M,N) = [\Lambda(a_1,a_2), \Lambda(b_1,b_2), \Lambda(c_1, c_2), \Lambda( d_1,d_2)]$$

$$M \cap N = \{x [U_{M(x)} \Lambda U_{N(x)}]\}$$

حيث أن :

$\oplus$ عملية الجمع الضبابي .

$\Theta$ عملية الطرح الضبابي .

$\tilde{max}(M,N)$ الرقم الضبابي الأعظم.

$\tilde{min}(M,N)$ الرقم الضبابي الأصغر.

(Lorterapong Pasit and Ossama Moselhi,1995, P313)

## III- 2- 3 تحليل شبكة PERT باستخدام تقديرات نظرية المجموعات الضبابية:

في تقنية بيرت التقليدية يتم تحديد المدة الزمنية التي يستغرقها النشاط عن طريق تحديد المؤشرات (a, b, m) وتتم عملية تقدير هذه المؤشرات عن طريق الخبرة في المجال أو بالاستعانة ببيانات مشاريع مماثلة، لكن غالبا ما تتوفر هذه البيانات، لأنها تكون غير شاملة ولا تحوي جميع المتغيرات المؤثرة في زمن انجاز المشروع، سواء كانت هذه المتغيرات وصفية ( تقريبا، حوالي أكثر،...الخ) أو كمية، لهذا تم استخدام نظرية المجموعات الضبابية لمعالجة هذه المشكلة والحصول على تقديرات دقيقة لمتغير الزمن من خلال تعديل قيم مؤشرات التوزيعات الاحتمالية التي تخضع لها أزمنة أنشطة المشروع بالنظر إلى العوامل الوصفية المذكورة سابقا.

حيث يقود ذلك إلى تقديرات ذات ثقة جيدة وحسابات دقيقة ونتائج تحليل أقرب ما تكون إلى الواقع والظروف التي ستحيط بعملية الانجاز.

(محمد عبد الهادي،1999، ص210)

تمر عملية إعداد شبكة بيرت الضبابية Fuzzy PERT بالخطوات التالية:

1- تحديد وتعريف قائمة الأنشطة المكونة للمشروع ووضع العلاقات بينها من خلال تحديد أي نشاط يسبق نشاط أخر وأي نشاط يلحق نشاط أخر.

2- ترجمة ونمذجة المعلومات المبهمة الغامضة الضبابية المتعلقة بأزمنة تنفيذ أنشطة المشروع وتكاليفها بالاعتماد على تقديرها في شكل دالة انتماء معينة لعدد ضبابي .

وسنقوم في دراستنا بالاعتماد على الأعداد الضبابية الشبه منحرفة A = (a,b,c,d) لوصف عدم التأكد في تقدير المدة الزمنية لتنفيذ كل نشاط.

(Ching-Hsue, 2002, P174-186)

3- بناء شبكة العمل الضبابية (Fuzzy Project Network).

4- وضع الجدولة الضبابية للمشروع من خلال :

- **حساب البداية المبكرة الضبابية** (Fuzzy Earliest Starting) لكل نشاط باستخدام الحسابات الأمامية وفق الصيغة الآتية :

$$\tilde{E}_j = (e_j^1, e_j^2, e_j^3, e_j^4) = \left\{ \underset{i \in p(j)}{\tilde{MAX}} \left[ \tilde{E}_i \oplus \tilde{D}_{ij} \right] \; ; P(j) \neq \phi \right.$$

$$\tilde{T}_s = \left(t_s^1, t_s^2, t_s^3, t_s^4\right) \; ; P(j) = \phi$$

$$F\tilde{E}S_{ij} = \left(es_{ij}^1, es_{ij}^2, es_{ij}^3, es_{ij}^4\right) = \tilde{E}_i$$

$$F\tilde{E}F_{ij} = \left(ef_{ij}^1, ef_{ij}^2, ef_{ij}^3, ef_{ij}^4\right) = \tilde{E}S_{ij} \oplus \tilde{D}_{ij}$$

$$F\tilde{T}_F = \left(t_F^1, t_F^2, t_F^3, t_F^4\right) = \underset{i \in v}{\tilde{MAX}}\, \tilde{E}_i$$

- **حساب النهاية المتأخرة الضبابية** (Fuzzy Latest Finishing) للنشاط (ij) نستخدم العلاقة التالية :

$$\tilde{L}_i = (l_1^i, l_2^i, l_3^i, l_4^i)$$

$$l_i^4 = \max\left(0, \min_{j\in s(i)}(l_j^4 - d_{ij}^4)\right)$$

$$l_i^3 = \max\left(0, \min\left(l_i^4, \min_{j\in s(i)}(l_j^3 - d_{ij}^3)\right)\right)$$

$$l_i^2 = \max\left(0, \min\left(l_i^3, \min_{j\in s(i)}(l_j^2 - d_{ij}^2)\right)\right)$$

$$l_i^1 = \max\left(0, \min\left(l_i^2, \min_{j\in s(i)}(l_j^1 - d_{ij}^1)\right)\right)$$

$$\tilde{FLF}_{ij} = (lf_{ij}^1, lf_{ij}^2, lf_{ij}^3, lf_{ij}^4) = \tilde{L}_j$$

لإيجاد البداية المتأخرة الضبابية للنشاط (ij) نستخدم العلاقة التالي:

$$LS_{ij} = \left(ls_{ij}^1, l_{ij}^2, l_{ij}^3, l_{ij}^4\right)$$

$$ls_{ij}^4 = \max\left(0, \min\left(lf_{ij}^4 - d_{ij}^4\right)\right)$$

$$ls_{ij}^3 = \max\left(0, \min\left(lf_{ij}^4, \min\left(lf_{ij}^3 - d_{ij}^3\right)\right)\right)$$

$$ls_{ij}^2 = \max\left(0, \min\left(lf_{ij}^3, \min\left(lf_{ij}^2 - d_{ij}^2\right)\right)\right)$$

$$lf_{ij}^1 = \max\left(0, \min\left(lf_{ij}^2, \min\left(lf_{ij}^1 - d_{ij}^1\right)\right)\right)$$

(Mohammad sharafi, 2008, P1356-1361)

5- حساب الهوامش الكلية والهوامش الحرة لكل نشاط ( i j) :

- **حساب الهوامش الكلية الضبابية** (Fuzzy Total Slack) لكل نشاط (ij) وفقا للصيغ التالية:

$$\tilde{TF}_{ij} = \left(tf_{ij}^{1}, tf_{ij}^{2}, tf_{ij}^{3}, tf_{ij}^{4}\right)$$

$$tf_{ij}^{4} = \max\left(0, \min\left(lf_{ij}^{4} - ef_{ij}^{4}\right)\right)$$

$$tf_{ij}^{3} = \max\left(0, \min\left(tf_{ij}^{4}, \left(lf_{ij}^{3} - ef_{ij}^{3}\right)\right)\right)$$

$$tf_{ij}^{2} = \max\left(0, \min\left(tf_{ij}^{3}, \left(lf_{ij}^{2} - ef_{ij}^{2}\right)\right)\right)$$

$$tf_{ij}^{1} = \max\left(0, \min\left(tf_{ij}^{2}, \left(lf_{ij}^{1} - ef_{ij}^{1}\right)\right)\right)$$

- **حساب الهوامش الحرة الضبابية** (Fuzzy Free Slack ) لكل نشاط (i j) وفقا للصيغة التالية :

$$\tilde{FF}_{ij} = \left(ff_{ij}^{1}, ff_{ij}^{2}, ff_{ij}^{3}, ff_{ij}^{4}\right)$$

$$ff_{ij}^{4} = \max\left(0, \left(e_{j}^{4} - ef_{ij}^{4}\right)\right)$$

$$ff_{ij}^{3} = \max\left(0, \min\left(ff_{ij}^{4}, \left(ej_{j}^{3} - ef_{ij}^{3}\right)\right)\right)$$

$$ff_{ij}^{2} = \max\left(0, \min\left(tf_{ij}^{3}, \left(e_{ij}^{2} - ef_{ij}^{2}\right)\right)\right)$$

$$ff_{ij}^{1} = \max\left(0, \min\left(ff_{ij}^{2}, \left(e_{j}^{1} - ef_{ij}^{1}\right)\right)\right)$$

(Ahmad Soltani, 2007, P70)

6- تحديد كل المسارات الممكنة في الشبكة والزمن المستغرق لكل مسار وترتيبها وبما أن طول المسار هو عبارة عن عدد ضبابي شبه منحرف ولغرض ترتيبها من الأكبر إلى الأصغر ثم الاستعانة بإحدى الطرق المستعملة في ترتيب هذا النوع من الأعداد وهي:

**دالة الترتيب** (the ranking function) بحيث من أجل كل القيم :

$$\tilde{A} = (a, b, c) \in F\ (R)$$

$$R : F(R) \longrightarrow R$$

$$R(\widetilde{A}) = \frac{a+2b+2c+d}{6}$$

ومنه للمقارنة بين أي عددين ضبابيين شبه منحرفين $\tilde{A}$=(a,b,c,d) و $\tilde{B}$=(e,f,g,h) نعتمد على الصيغ التالية :

إذا R(A) < R(B) فإن $\tilde{A} < \tilde{B}$

إذا R(A) > R(B) فإن $\tilde{A} > \tilde{B}$

إذا R(A) = R(B) فإن $\tilde{A} = \tilde{B}$

7- إيجاد المسار الحرج.

(Ahmad Soltani, 2007, P80)

## خلاصة:

يساعد التخطيط الشبكي منفذي أعمال الصيانة على علاج مشكلات عدة، منها التأخير في انجاز أنشطة الصيانة نتيجة عدم إدارة الزمن الخاص بالأنشطة بشكل علمي، وأيضا معالجة المشكلة المتعلقة بندرة الموارد من خلال معرفة الأنشطة الحرجة وتوجيه العمالة نحوها من أجل انجازها في وقتها المحدد، ويمكن تجسيد هذا من خلال إتباع عدة نماذج أولها مخطط Gantt وبسبب قصور هذا المخطط في تفصيل أنشطة المشروع أدى إلى ظهور نماذج CPM وPERT التي سمحت في إعطاء نظرة شاملة حول المشروع ونشاطاته وبالتالي أصبح استخدامهما جد واسع، ولكن هذه النماذج لم تعالج عدم التأكد المرافق للأزمنة المتعلقة بالمشروع مما أدى إلى ظهور نماذج جديدة من بينها تقنية GERT للقضاء على القصور المتعلق بحتمية انجاز النشاط مما أدى إلى ظهور تقنية تستخدم نظرية المجموعات الضبابية، حيث قدمت هذه التقنية برنامج زمني يعتمد عليه في تنفيذ المشروعات.

# الفصل الثالث

# الجانب التطبيقي

## تمهيد

تطرقنا في الفصول السابقة بشيء من التفصيل إلى إدارة الصيانة وإلى أهم النماذج التقليدية والحديثة لشبكات الأعمال، لذلك وبقصد الانتقال من الجانب النظري إلى الجانب التطبيقي وإسقاط المادة العلمية النظرية على الواقع من خلال دراسة حالة مؤسسة اقتصادية والتعمق في فهم مختلف جوانب الموضوع حوله، سنتطرق في هذا الفصل إلى دارسة حالة قاعدة بترولية تابعة لشركة سوناطراك. التي تعتبر قاطرة الاقتصاد الجزائري والمؤسسة الإستراتيجية الأكبر وطنيا من خلال التعمق في تحليل الجوانب المختلفة للتحليل الشبكي لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية باعتباره حجر الزاوية بالنسبة لهذه المذكرة ويتجسد ذلك كتالي:

I- نبذة عامة عن حقل غورد الباقل REB - سوناطراك -

II- إدارة الصيانة في حقل غورد الباقل REB - سوناطراك -

III- استخـــدام أسلوب التحليل الشبكي لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية في حقل REB سوناطراك

## I- نبذة عامة عن حقل غورد الباقل REB - سوناطراك -

من أجل الوقوف أكثر على ما تم عرضه في الجزء النظري كمنطلق لدراستنا هذه والتي توخينا من خلالها الإجابة على إشكالية بحثنا ارتأينا أن نقوم بدراسة ميدانية بحقل غورد الباقل التابع لشركة سوناطراك (RHOURDE EL BAGUEL-SONATRACH-) كعينة من المؤسسات الجزائرية الناجحة في مجال الطاقة على الصعيد العالمي التي تستوجب الدراسة بما تحققه من انجازات وإمكانيات تضعها في صدارة مجال نشاطها.

### I- 1 عرض لحقل REB - سوناطراك -

#### I- 1- 1 التطور التاريخي لحقل REB - سوناطراك -

تم اكتشاف مستودع RHOURDE EL BAGUEL ودخل حيز الإنتاج في عام 1962م بواسطة SINCLAIR-OIL. منذ ذلك التاريخ، وصل مستوى الإنتاج إلى أكثر من 480 مليون برميل من النفط، صنفت هذه الرواسب كثاني أكبر حقل نفط بعد شركة HASSI-MESSAOUD.

وصل معدل الإنتاج الأولي في عام 1968م إلى 94000 برميل يوميًا ثم انخفض إلى 25000 برميل يوميًا في عام 1990 نتيجة لانخفاض الضغط الطبيعي في الخزان.في عام 1991م، أطلقت SONATRACH دعوة لتقديم عطاءات من شركات النفط العالمية مستهدفة إدخال أحدث التقنيات في تقنيات الاستعادة المساعدة لـ 11 رواسب منتجة للنفط. في فبراير 1996م، وقعت ARCO عقد مشاركة الإنتاج مع SONATRACH لمشروع الاستعادة بمساعدة احتياطي النفط الخام REB. تم تأسيس شركة تشغيل مشتركة (SONARCO) تتكون من موظفين مختلطين من SONATRACH و ARCO .

التزام شركة ARCO هو استثمار بقيمة 1.3 مليار دولار على مدى السنوات العشر الأولى. تم تمويل مشروع ARCO بنسبة 100 ٪ من قبل ARCO، وعندما تم الانتهاء من الاستحواذ على ARCO من قبل BP (British Petroleum) في أوائل عام 2000م أصبح المشروع مسؤولية BP الذي أصبح الآن شريك SONATRACH في هذا المشروع. في عام 2005م، أنتج الحقل ما يقرب من 24000 برميل يوميًا ، بكثافة 51 درجة من متوسط 43 بئرًا .

في 2011/12/31 ، ألغت شركة بريتش بتروليوم عقدها، وهو الحقل الحالي تحت إشراف SONATRACH بنسبة 100 ٪.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P04)

## I- 1- 2 موقع حقل REB - سوناطراك -

### I- 1- 2- 1 جغرافيا

تعني كلمة RHOURDE EL BAGUEL "الكثبان الرملية الكبيرة" وتستخدم لتحديد موقع مدخل الحقل.

يقع حقل غرد الباقل في الجزء الشمالي الشرقي من الصحراء الجزائرية على بعد حوالي 90 كم جنوب شرق HASSI MESSAOUD، على طريق EL BOURMA ويبعد حوالي 1000 كم من الجزائر العاصمة. يمتد من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي بطول11.2 كم وعرض 7 كم.

سطحه يقدر بـ 164.05 كم$^2$ وهو جزء من بلدية البرما، دائرة حاسي مسعود، ولاية ورقلة. وتقدر احتياطيات هذا الحقل بـ 461 مليون متر مكعب.

الإحداثيات الجغرافية ل **REB** هي كما يلي :

X= 6 º 54ˊ 00ˊ إلى 7 00ˊ 01ˊˊ º ( خط طول شرق )

Y=31 º 20ˊ 00ˊ إلى 31 00ˊ 28ˊˊ º ( خط عرض شمال )

متوسط ارتفاع الحقل هو 170.68 م.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P03)

**الصورة توضح لنا موقع حقل غورد الباقل**

**المصدر:** وثائق المؤسسة.

## I- 1- 2- 2 جيولوجيا

تم تقسيم الصحراء الجزائرية إلى ثلاث محافظات نفطية مختلفة:

- المقاطعة الغربية .
- مقاطعة إليزي وبركين .
- المقاطعة الترياسية .

تتألف كل محافظة من عدة أحواض مفصولة بسلسلة من المحاور الرئيسية وأطواق مقاومة الصدمات والشامات الهيكلية والسروج .

يقع حقل RHOURDE-El-BAGUEL على نظام المباني المتاخمة للغرب من مقاطعة Illizi و Berkine.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P03)

## I- 2- الهيكل التنظيمي لحقل REB - سوناطراك -

يقصد بالهيكل التنظيمي للمؤسسة البناء أو الإطار الذي يحدد الإدارات أو الأجزاء الداخلية فيها (وحدات، مصالح وأقسام). ولا شك أن سر نجاح هذه الأخيرة يكمن في مدى توفيقها في اختيار الهيكل التنظيمي الذي يوافق مختلف نشاطاتها ويحقق أهدافها المسطرة، كونه يعتبر المرجع الحقيقي للعاملين، إذ يبين لهم حدود مسؤولياتهم وواجباتهم ويوضح لهم طرق الاتصال الرسمية فيما بينهم داخل المؤسسة، كما يمكن من خلاله كشف الأخطاء التنظيمية كوجود وظيفة شاغرة أو ازدواجية القرار .

ويتكون الهيكل التنظيمي لحقل REB من :

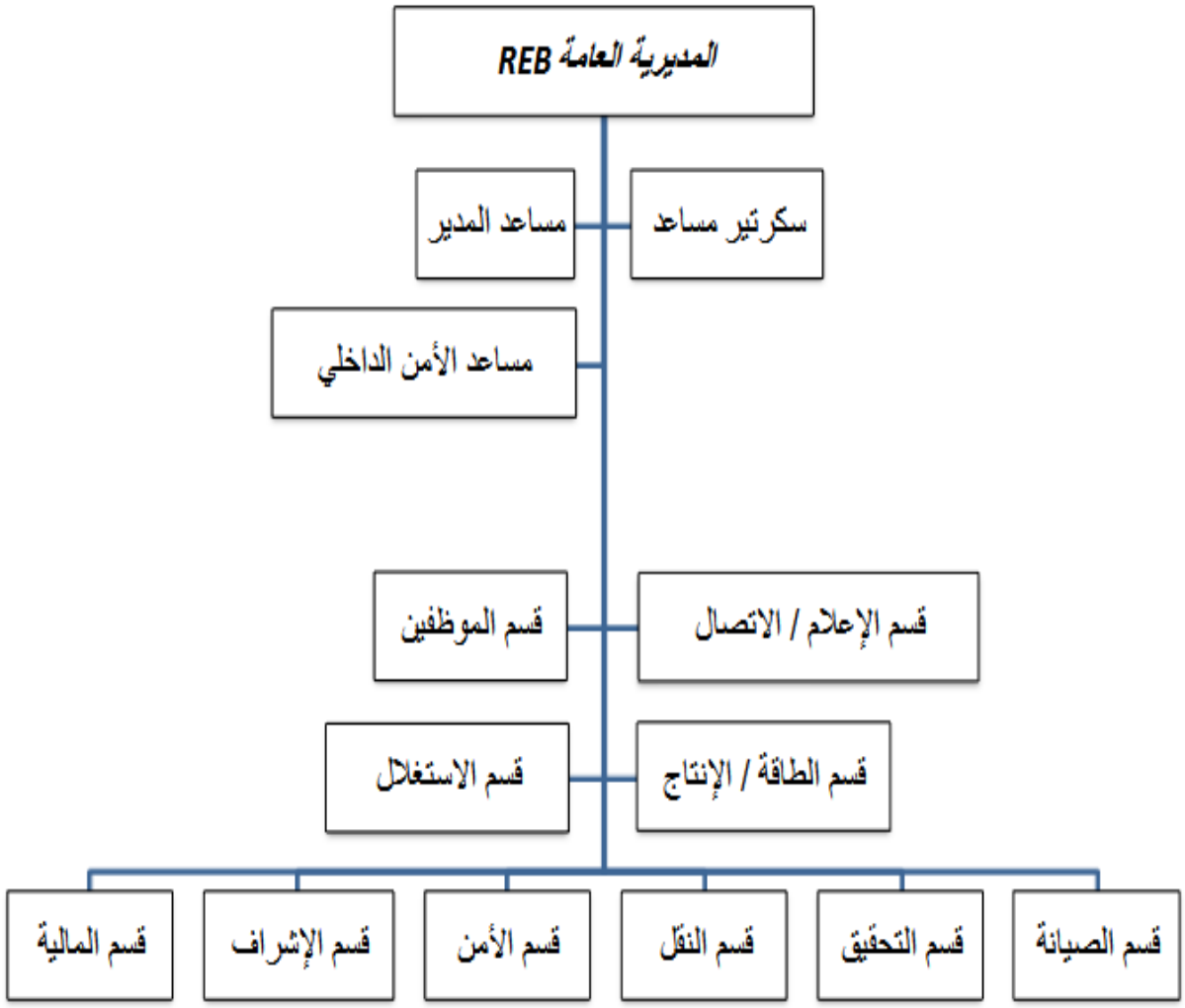
- ✓ المديرية العامة : تقوم بالتسيير وفقا للوائح و القوانين سواء بخصوص الأمور الاجتماعية إجراءات البيع و الشراء أو المحاسبة وهذا بمساعدة كل من :
  - ✓ مساعد المدير
  - ✓ سكرتير مساعد
  - ✓ مساعد الأمن الداخلي

بالإضافة إلى الأقسام التالية :

- ✓ قسم الإعلام / الاتصال
- ✓ قسم الطاقة / الإنتاج
- ✓ قسم الاستغلال
- ✓ قسم الصيانة

- ✓ قسم التحقيق
- ✓ قسم النقل
- ✓ قسم الموظفين
- ✓ قسم الأمن
- ✓ قسم الإشراف
- ✓ قسم المالية

**الشكل رقم (9):** الهيكل التنظيمي لحقل REB - سوناطراك -




**المصدر:** من إعداد الطالبين بالاعتماد على مكتب التكوين في قسم الموظفين.

وهذا الهيكل يتشكل من 654 عامل و هم يعملون لمدة 336 ساعــة في الشهر للعامـل الواحد أي في شكل 12 ساعات في اليوم لمدة 7أيام في الأسبوع مع العمل بنظام 4 أسابيع عمل وأربع أسابيع عطلة، والجدول التالي يبين تصنيف العمال:

جدول رقم (4): تصنيف العمال في الحقل.

| المستوى الوظيفي | العدد |
|---|---|
| إطارات | 298 |
| أعوان التحكم | 319 |
| أعوان التنفيذ | 37 |
| المجموع | **654** |

**المصدر:** من إعداد الطالبين بالاعتماد على قسم الموظفين.

## I- 3- وصف حقل REB - سوناطراك -

### I- 3- 1 مركز إنتاج النفط CPF (Central Processing Facilities):

### I- 3- 1- 1 وحدة المعالجة:

❖ **قسم الانفصال:**

يختص في معالجة النفايات السائلة في ثلاثة عناصر وفقًا لكثافاتها (الضغط العاليHP) و(الضغط المتوسطMP) و(الضغط المنخفض LP) وهذه العناصر هي الغاز والنفط والماء. ويتم هذا الفصل في ثلاثة أنواع من الفواصل: فاصل في الضغط العالي والمتوسطة والمنخفضة.

(BELHANDOUZ Abd El Madjid ,2014-2015, P03)

❖ **وحدة API / CPI:**

وهي أحواض خرسانية معززة ومجهزة بألواح مموجة لاستعادة المحتوى الخام في الماء واستعادة الخام المتبقي ويتم تفريغ الأبخرة القابلة للاشتعال من هذه المخلفات مباشرة إلى الشعلة.

المياه الزيتية من بالونات التفريغ تنضم إلى الخزان الذي يفصل بين الزيت والماء. يتم إرسال الخام المسترد إلى مثبت أو صناديق التخزين، في حين يتم إرسال المياه المالحة إلى المستنقع.

❖ **وحدة التحسين:**

الغرض من وحدة التحسين هو ضبط ضغط بخار TVR من الزيت الخام، واستعادة المكثفات الموجودة في الغاز المصاحب، وتحقيق الاستقرار وإنتاج البروبان لاستخدامه كوقود لمحركات التوربينات الغازية و أفران، حاليا يتم عزل هذا الأخير .

(BELHANDOUZ Abd El Madjid, 2014-2015, P04)

❖ **قسم استقرار الضغط المنخفض:**

يتم ضخ الخام الذي يترك في البالون (FA4504) بواسطة المضخة (GA4504) عند 7 بار إلى عمود التثبيت (DA4501)، ويحتوي الأخير على 18 صينية ويعمل تحت ضغط منخفض (2-3) بار لضمان فصل الغاز الخام من أجل انخفاض ضغط بخار TVR من الخام. ويستنشق البالون (FA4501) الغاز عند ضغط 1.6 بار ويضغط من قبل الشاحن التربيني (GBT4501) عند ضغط 14 بار ثم التفريغ إلى برج التبريد(EC4512) لتبريد الغاز. يتم جمع النفايات السائلة في قارورة (FA4501) ثم إرسالها إلى قارورة الشفط (FA4510).

(BELHANDOUZ Abd El Madjid, 2014-2015, P05)

❖ **قسم استقرار الضغط المرتفع :**

يتم ضخ الخام من الفواصل (V1529،V1530،V1531) وعند ضغط 15 بار بمضخات (B/C/ P1501A)، في المبادلات(E1502A/B) لتشغيل عمود الاستقرارHP (V1513) الذي يضم 20 صينية ويوفر بنفس وظيفة العمود (DA4501) ولكن الاستقرار هو تحت ضغط أكبر من عمود LP (15بار)

يتم تدوير الإرجاع بواسطة مضخات (P1502A/B) عن طريق تبادل الحرارة في المبادلات الحرارية (E1403A/B) مع الزيت الساخن من الفرن (F5001).

يتم استخدام الغاز الخارج من العمود وغاز التصريف في المرحلة الأولى لتغذية بالون الشفط (FA4510) للضاغط GBT4502 (المرحلة الثانية) وبعد ذلك سيتم تبريده في مبرد الهواء (EC4513) ثم تجميعه في البالون (FA4503) لاستخراج المكثفات التي يتم إرسالها إلى (FA4504).

يتم توجيه الغاز الذي يغادر (FA4503) إلى وحدة التجفيف، بعد أن يتم تجفيفه في وحدة التجفيف TEG، فإنه يغذي ضواغط VEGI (Very Early Gas Injection) بينما يتم إرسال الفائض إلى TCF.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P07)

يتم تبريد الخام المثبت في المبرد الجاف E1501، وإرساله إلى قارورة V1524 لإغراقه ثم إلى صناديق التخزين.

## I- 3- 1- 2 المرافق:

❖ **أداة الهواء وقسم النيتروجين:**

تم تصميم نظام أداة الهواء لإنتاج الهواء الجاف بشكل مستمر بعد التجفيف من خلال مجففات المنخل الجزيئي، ويتم العلاج عن طريق شفط الهواء في الجو، والتخلص من الشوائب الموجودة فيه من أجل تقديم هواء الخدمة وأداة الهواء .

لهذا الغرض، يمر الهواء الممتص عبر مرشحات غربال جزيئي تضمن إزالة الشوائب، ثم تمر عبر مجففات الهواء حيث يكون خاليًا من الرطوبة للاستخدام كما صك الهواء لوحدة CPF و TCF.

(BELHANDOUZ Abd El Madjid, 2014-2015, P08)

❖ **وحدة توليد الكهرباء:**

يتم توليد الكهرباء عن طريق مولدات توربو PGT10 A / B / C التي تعمل:

- غاز الوقود من ZINA.
- غاز من ضاغط غاز MP (CPF)
- غاز الداعم MP: إنه غاز الفاصل من CPF الذي يغذي الضاغط MP ،التي من المفترض أن تجفف في وحدات TEG.

يوفر PGT10 قدرة التشغيل لمختلفة المعدات: محركات تبريد الهواء، ضواغط الهواء المضخات الإضاءة، EDR وقاعدة الحياة. وتبلغ قدرة PGT10 هي 11 ميغاواط.

(BELHANDOUZ Abd El Madjid, 2014-2015, P08)

❖ **التخزين والشحن:**

لضمان تخزين النفط الخام، يحتوي حقل REB على ثلاثة صناديق سقف عائمة بسعة 20،000 متر مكعب لكل منها. بعد التثبيت في وحدة التحسين، يتم توجيه النفط الخام أولاً إلى البالون المرتفع ثم إلى صناديق التخزين حيث يتم تخزينه تحت ضغط جوي ويترك للوصف لفترة من الوقت لأجل تنقية المياه المجانية باتجاه API / CPI.

تصنع الشحنة الخام لنقل لـ MESDAR أو إلى HEH باستخدام مضخات الشحن (P1503A / B و P1508A / B) ، يبلغ شحن الشحنة TVR 0.880.

(BELHANDOUZ Abd El Madjid, 2014-2015, P09)

## I- 3- 2 مركز إنتاج الغاز TCF (Turbo Compressing Facilities):

دور هذه الوحدة هو ضخ الغاز غير القابل للامتزاج في آبار الحقن. ويشمل المرافق التالية:

### I- 3- 2 -1 الضاغط الداعم MP:

الغرض من هذا الضاغط هو زيادة ضغط الغاز من فواصل MP1 (CPF) من (17 بار إلى 33بار) والذي يمثل ضغط الشفط في قطارات ضغط المرحلة الأولى.

يمر الغاز الذي يتم تفريغه بواسطة MP Booster عبر وحدة التجفيف TEG قبل أن يصل إلى قطارات ضغط A / B / C HP.

يقوم هذا الداعم بسحب الغاز بتدفق يصل إلى 280،000 Sm3 في اليوم ويعمل بسرعة 6720 دورة في الدقيقة.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P09)

### I- 3- 2- 2 وحدة تجفيف TEG (Tri - Ethylène - Glycol):

❖ **قطارات تجفيف TEG:**

بعد مرحلة الفصل، يتم توجيه غاز HP من فواصل HP لوحدة CPF إلى وحدة تجفيف الجليكول عبر أنبوب 36 بوصة.

تجفيف الغاز هو عملية تقليدية تتيح تزويد مزيلات الضغط بغاز جاف، ولهذا الغرض، من الممارسات الشائعة جعل الغاز في اتصال مع سائل ماء. في معظم الأحيان، وهذا هو الحال في REB، يتم استخدام TEG (ثلاثي - الإيثيلين - جليكول) بسبب تقاربها العالي للمياه واستقرارها الكيميائي.

بعد المرور عبر خزان فاصل مدخل (MV1403A7/B7/C7/D7)، يدخل الغاز الرطب عمود الصفائح (MV1403A1/B1/C1/D1) حيث يتلامس عبر التدفق المعاكس يتم إدخال TEG في الأعلى أثناء هذا التلامس، يتم امتصاص الماء الموجود في الغاز بواسطة TEG. يتم التجفيف عن طريق امتصاص الماء من الجليكول، ويتم التجفيف بواسطة وظيفة متناوبة للامتصاص والتجديد.

يخرج الغاز المجفف من رأس عمود الامتصاص، وبعد المرور عبر بالون المخرج V1403، يتم توجيهه إلى خطوة الضغط.

في الجزء السفلي من العمود (الموصل)، يتم إرسال TEG محملة بالماء إلى قسم التجديد.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P10)

❖ **تجديد TEG**

يتم تغذية الجليكول الغني بالمياه في خزان فصل فلاش MV1403A5 ويتم ترشيحه من خلال مرشحين اثنين من الخراطيش (MS1403A1/B1/C1/D1) والفحم (MSS1403A2/B2/C2/D2) قبل استخدامه كمبرد. (المبدلات MX1403A1/A2/B1/B2/C1/C2/D1/D2) تغذي وحدة التجديد.

بعد المرور عبر مبادلي الحرارة (MX1403A1/A2)، يتم إرسال TEG الغني بالمياه (من بالون الفلاش) إلى جهاز التجديد الحراري (MH1403A/MV1403A2/MH1403A) حيث يتم امتصاص جزء من الماء بواسطة TEG حيث سيتم تبخير وإزالتها من الرأس بينما يعبر TEG المجدد الذي يخرج من جديد المبادلات (MX1403A1/A2) قبل الانضمام إلى الخزان المؤقت (MV1403A3).

أخيرا، يتم إرسال TEG المعاد تشكيله من الخزان المؤقت (MV1403A3) غليكول عبر مضخات (MP1403A1/A2): يمكن استخدامه لتسلسل الجفاف الجديد.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P11)

**I- 3- 2- 3 وحدة الضغط - الحقن:**

يتكون من أربعة قطارات ضغط متماثلة (A، B، C، D)، ويتكون كل قطار من ضاغط طرد مركزي ثلاثي المراحل (K2002/03/04) يقوده توربينات غاز ثنائية العمود واثني عشر غرفة احتراق.

تتلقى القطارات الغاز الجاف تمامًا من الجليكول ومحطة ZINA عند ضغط 30 بار، وتقدم إلى مرحلة الضغط الزائدة خلال مراحل الضغط الثلاث لكل قطار. بعد كل ضغط، يخضع الغاز للتبريد بواسطة مبرد الهواء، وسيتم نقل الغاز الذي تم الحصول عليه إلى آبار الحقن تحت ضغط حوالي 400 بار، ويوجد به الآن 228 بار.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P11)

## II- إدارة الصيانة في حقل غورد الباقل REB - سوناطراك -

تسعى شركة سوناطراك في حقل غورد الباقل REB من خلال جلبها لعناصر التشغيل المادية والبشرية وضمان حسن تفاعلها وتوظيفها إلى محاولة استغلال هذه التجهيزات أحسن استغلال مع مراعاة في ذلك تقليل نسب الفاقد للحصول على أحسن ناتج بأقل تكلفة ممكنة ومن أجل الوصول إلى الأهداف المسطرة يجب على المؤسسة توفير الظروف والوسائل الكفيلة بإتباع إجراءات ترشيد الاستخدام الأمثل للتجهيزات الإنتاجية من خلال إتباع المنهج العلمي في تنفيذ سياسات الصيانة الوقائية والإصلاحية، بإتباع خطط الصيانة القصيرة والمتوسطة وطويلة الأجل والمخططة من طرف المختصين في إدارة الصيانة بالمؤسسة اعتمادا على ملف الصيانة الخاص بكل تجهيز والمعلومات القادمة من مختلف الأقسام الأخرى بالمؤسسة وهو ما يسمح بتخفيض تكاليف الصيانة وبالتالي تخفيض تكاليف الإنتاج.

### II- 1- الصيانة وبعدها التنظيمي في حقل REB - سوناطراك -

تعتبر الصيانة كما رأينا في الفصل السابق من بين أهم العوامل المساعدة على بقاء المؤسسة وإستمراريتها في مهمتها فهي تسعى لضمان الاستغلال الفعال للآلات والمعدات من أجل سير العملية الإنتاجية من خلال تدنيت فترات التعطل وسرعة تنفيذ أعمال الصيانة والتصليح.

و تستعين إدارة الصيانة في الحقل بـ 110 عامل موزعين على المصالح التابعة لها والجدول التالي يوضح توزيع عمال دائرة الصيانة حسب المصالح والمؤهلات.

**الجدول رقم(5) :** توزيع عمال إدارة الصيانة حسب المصالح والمؤهلات

| المصلحة/ المؤهلات | م. الطرائق | م. الميكانيك | م. الكهرباء | م. أجهزة القياس و الضبط | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| إطارات | 10 | 8 | 6 | 14 | 38 |
| أعوان تحكم | 13 | 15 | 20 | 14 | 62 |
| أعوان تنفيذ | / | 3 | 3 | 4 | 10 |
| المجموع | 23 | 26 | 29 | 32 | 110 |

**المصدر:** من إعداد الطالبين بالاعتماد على قسم الصيانة.

ولتعرف أكثر على مهمة إدارة الصيانة سوف نسلط الضوء على مصالح هذه الإدارة وفقا للهيكل التنظيمي المعتمد والتي تنقسم إلى مصلحة التخطيط والطرائق وهي مصلحة تعمل على تسيير دائرة الصيانة ومصالحها التنفيذية المتمثلة في مصلحة الكهرباء، مصلحة الميكانيك ومصلحة أجهزة القياس والضبط.

## II- 1- 1 مصلحة التخطيط والطرائق :

الغرض من هذه الخدمة هو تخطيط ومراقبة جميع عمليات التنفيذ وإدارة المعدات في منطقة غورد الباقل وإعداد أعمال الصيانة للخدمات الأخرى في القسم.

ومن مهامها الرئيسية أيضًا وضع جدول أعمال الصيانة الوقائية وإعداد خطط التدخلات على المعدات الإستراتيجية مثل توربينات الغاز، وكذلك إعداد قطع الغيار (العواصم والمواد الاستهلاكية) .

المهام الرئيسية الأخرى هي : جدولة عمليات التفتيش، وبرمجة الصيانة PM و CM والتحقق من المخزون، والإشراف على الأعمال ومعدل تقدمها وتوريد قطع الغيار. تستخدم مصلحة التخطيط نظام إدارة صيانة مدعومًا ببرنامج كمبيوتر يسمى MAXIMO لتنفيذ هذه المهام.

(Mekmouch Nassim, 2016-2017, P20)

## II- 1- 2 مصلحة الميكانيك :

تتعامل هذا مصلحة مع صيانة وإصلاح المعدات الميكانيكية الدوارة الموجودة في مركز الإنتاج وهي: التوربينات، مضخات المحرك ... إلخ.

تعمل هذه الخدمة بالتعاون مع مصلحة الطرق والتخطيط لضمان مهمتها المتمثلة في الحفاظ على التشغيل السليم للمعدات الميكانيكية لأطول فترة ممكنة.

## II- 1- 3 مصلحة الكهرباء :

تتدخل هذه الخدمة في التركيبات الكهربائية وتضمن أن نظام الطاقة في حالة عمل جيدة. كما تدير الصيانة التصحيحية والوقائية للمعدات الكهربائية المختلفة الموجودة في هذا المجال، ويتم تصنيف هذه المعدات وفقًا لثلاثة قطاعات أساسية وهي:

- قطاع الإنتاج: مولدات.

- قطاع النقل: الكابلات الأرضية والكابلات الهوائية.

- قطاع التوزيع: محولات الطاقة، قواطع الدائرة، قطع التبديل، المحركات الكهربائية ذات الجهد المتوسط والجهد المنخفض.

(Mekmouch Nassim, 2016-2017, P20)

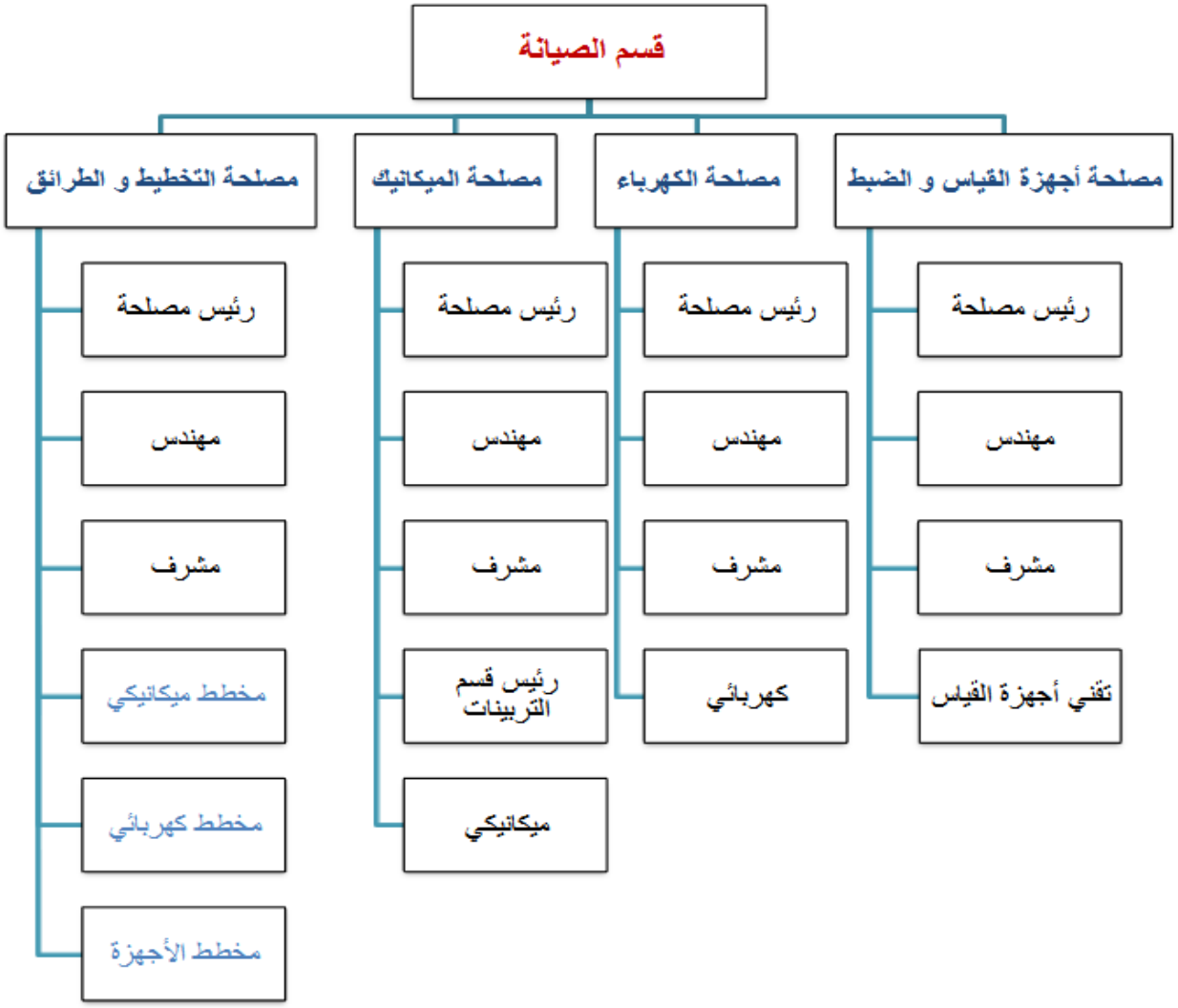
## II- 1- 4 مصلحة أجهزة القياس و الضبط :

تتدخل هذه الخدمة في التحكم وصيانة أدوات التنظيم والقياس والكشف، ويمكن للعامل أن يتدخل من خلال: المزدوجات الحرارية، كاشف الغاز، كاشفات الدخان، المانومترات ومفاتيح الضغط كاشفات الاهتزاز.

ويمكن توضيح هذه المصالح بالشكل التنظيمي التالي :

(Mekmouch Nassim, 2016-2017, P21)

**الشكل رقم(10) :** الهيكل التنظيمي لقسم الصيانة




**المصدر :** من إعداد الطالبين بالاعتماد على وثائق المؤسسة.

## II- 2- مستوياتها وسياسات الصيانة المتبعة في حقل REB - سوناطراك -

### II- 2- 1- مستويات الصيانة :

هناك 5 مستويات من الصيانة

❖ **المستوى الأول:**

التعديل البسيط الذي توفره الشركة المصنعة عن طريق عنصر يمكن الوصول إليه دون أي تفكيك أو فتح للمعدات، أو تبادل العناصر القابلة للاستهلاك في أمان تام على سبيل المثال.

ملاحظة : يمكن القيام بهذا النوع من التدخل بواسطة العامل في الموقع، بدون أدوات وإتباع إرشادات الاستخدام.

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P13)

❖ **المستوى الثاني:**

استكشاف الأعطال وإصلاحها عن طريق التبادل القياسي للعناصر المقدمة لهذا الغرض والتشغيل البسيط للصيانة الوقائية، مثل التشحيم أو التحقق من التشغيل السليم.

ملاحظة: يمكن تنفيذ هذا النوع من التدخل بواسطة فني معتمد متوسط المؤهلات في الموقع باستخدام الأداة المحمولة المحددة في تعليمات الصيانة، وبمساعدة هذه التعليمات نفسها.

❖ **المستوى الثالث:**

تحديد وتشخيص العيوب والإصلاحات عن طريق تبادل المكونات أو العناصر الوظيفية والإصلاحات الميكانيكية البسيطة وجميع عمليات الصيانة الوقائية الروتينية مثل الضبط العام أو إعادة ضبط أجهزة القياس.

ملاحظة: يمكن تنفيذ هذا النوع من التدخل بواسطة فني متخصص، في الموقع أو في غرفة الصيانة، باستخدام الأدوات المنصوص عليها في إرشادات الصيانة، وكذلك أجهزة القياس والتعديل، وربما اختبار المعدات واستخدام جميع الوثائق اللازمة لصيانة، وكذلك الأجزاء التي يوفرها المتجر.

❖ **المستوى الرابع:**

يشمل جميع أعمال الصيانة التصحيحية أو الوقائية الرئيسية باستثناء التجديد وإعادة البناء. ويضم هذا المستوى أيضًا ضبط أدوات القياس المستخدمة للصيانة، وربما التحقق من معايير العمل من قبل المنظمات المتخصصة.

ملاحظة: يمكن تنفيذ هذا النوع من التدخل من قبل فريق تقني عالي التخصص، في ورشة عمل متخصصة مجهزة بالأدوات العامة (الوسائل الميكانيكية، الأسلاك والتنظيف، وما إلى ذلك).

❖ **المستوى الخامس:**

تجديد أو إعادة بناء أو تنفيذ الإصلاحات الرئيسية لورشة عمل مركزية أو وحدة خارجية.

ملاحظة: بحكم التعريف، يتم هذا النوع من العمل من قبل الشركة المصنعة، بالوسائل المحددة من قبلها، وبالتالي تكون قريبة من التصنيع .

(BENGRIRA Fatima, 2015-2016, P13)

## II- 2- 2- سياسات الصيانة :

يتبنى قسم الصيانة لحقل غورد الباقل REB سياستي الصيانة الإصلاحية والوقائية كما يلي:

## II- 2- 2- 1- الصيانة الإصلاحية :

يلجأ قسم الصيانة لحقل غورد الباقل REB إلى أعمال الصيانة الإصلاحية عندما يحدث خلل مفاجئ أثناء سيرورة العملية الإنتاجية كأن تتوقف أحد التجهيزات عن العمل أو تنخفض إنتاجيتها ويتم ذلك من خلال المنهجية التالية :

يحرر المسؤول في قسم الإنتاج (رئيس مصلحة أو ورشة) طلب عمل على نظام شبكة داخلي Maximo بعدما يتفحص مكان حدوث الخلل ويقرر على حسب خبرته ما إذا كان العطل ميكانيكيا أو كهربائيا أو متعلقا بقياس الضبط .

ويحتوي هذا الطلب على المعلومات التالية :

- اسم الورشة .

- اسم الطالب أو المسؤول عنه .

- تاريخ صدور طلب العمل WO( Work Order)

- رمز الآلة و موقعها .

- نوع العطل (ميكانيكي، كهربائي...) .

- إذا ما كان إصلاح العطل يجب أن يتم بصورة مستعجلة أو لا .

بعد استلام مصلحة تخطيط الصيانة طلبات العمل على جهاز كمبيوتر تقوم بتحويل هذه الطلبات إلى أوامر تصدر بثلاث نسخ نسخة تبقى في قسم الصيانة والثانية تتجه إلى الوحدة الطالبة للعمل والثالثة إلى قسم الأمن ويمكن التمييز بين أوامر العمل حسب لون الورقة التي ترتب حسب درجة خطورة العمل (حمراء، خضراء، زرقاء، صفراء ) وهذا من أجل الإسراع في تنفيذ العمل وتوفير الحماية للعمال من جميع المخاطر.

وبالتوازي يتم الاتصال عبر النظام الداخلي مع مصلحة تسيير مخزون قطع الغيار لاستخراج القطع والأجزاء اللازمة لإتمام عملية التصليح والاستبدال في حينها وفي حالة عدم توفر القطع المطلوبة يتم إصدار طلب الشراء من قسم التموين لشراء المواد وقطع الغيار الضرورية والتي ليست متواجدة بالمخزن .

وإذا كان الأمر مستعجلا ووصول الطلبية يستغرق وقت طويلا يقوم أمين المخزن باستعارة القطعة من شركات مجاورة تمارس نفس النشاط.

تتم الصيانة الإصلاحية إما على مستوى مصلحة الإنتاج إذا كان سبب التوقف بسيطا أو قد يتطلب الأمر أخذها إلى أحد ورشات الصيانة (الميكانيكية أو الكهربائية أو ورشة قياس الضبط) وذلك حسب طبيعة العطل.

## II- 2- 2- 2- الصيانة الوقائية :

حسب خبراء قسم الصيانة فان المجهود العملي في التخطيط والتحضير المسبق لكل التدخلات يفيد في توفير الوقت والجهد والتقليص من عدد وحجم التوقفات وجعلها تؤول إلى الحد الأدنى المقبول وتقليص فترات التدخل بغرض تقليص الأعطال الفجائية والمكلفة لذا يلجأ القائمون على إدارة الصيانة بالقيام بالعديد من الإجراءات الوقائية المخططة مسبقا.

فمثلا القيام بعمليات التفتيش التالية على الآلة (MP Booster / PGT10).

قد يتم تصنيف أنواع عمليات التفتيش المشمولة على نطاق واسع في:

- عمليات تفتيش وحدة "التشغيل".
- عمليات تفتيش "الإغلاق".
- عمليات التفتيش الخاصة.

❖ **عمليات التفتيش بوحدة التشغيل:**

يتم إجراء عمليات الفحص قيد التشغيل وأثناء بدء التشغيل. يشير هذا الفحص إلى الحالة العامة لوحدة التوربينات الغازية والمعدات المرتبطة بها.

يمكن استخدام تسجيلات المعلومات التي تم الحصول عليها لتخطيط صيانة الوحدة.

❖ **عمليات تفتيش "الإغلاق":**

يتم إجراء عمليات تفتيش الإغلاق على وحدة التشغيل في وضع التوقف التام ويشمل هذا التفتيش:

**عمليات التفتيش "الاحتياطي" SI (Standby inspections) :**

عمليات التفتيش الاحتياطية تتعلق بشكل خاص بتوربينات الغاز المستخدمة في المهام المتقطعة.

وتتضمن خدمة روتينية لنظام البطارية، وتغيير المرشحات، والتحقق من مستويات الزيت والمياه، التنظيف، التحقق من إعدادات الجهاز، التشحيم وغيرها من الصيانة الوقائية العامة التي يمكن القيام بها بشكل مستمر وروتيني .

(وثائق المؤسسة)

**عمليات تفتيش "الاحتراق" CI (Combustion inspections):**

هذ التفتيش يتطلب تفكيك الأجزاء الرئيسية التالية :

- ✓ فوهة الوقود.
- ✓ شمعة الإشعال و كاشف اللهب .
- ✓ بطانة الاحتراق.

وهذه العمليات تتم كل 8000 ساعة أي بالتقريب كل 11 شهراً.

ويتم توقيف التوربين حوالي 5 أيام.

**عمليات التفتيش "مسار الغاز الساخن" HGPI (Hot gas path inspections):**

يشمل فحص مسار الغاز الساخن فحص الاحتراق بالإضافة إلى فحص تفصيلي لفوهة التوربين ودلو التوربين.

للقيام بهذا التفتيش، النصف العلوي يجب إزالة كل من غطاء التوربين بالإضافة إلى فوهة المرحلة الأولى و الثانية.

وهذه العمليات تتم كل 16000 ساعة أي بالتقريب كل 22 شهراً.

ويتم توقيف التوربين حوالي17 يوم.

**عمليات التفتيش "الرئيسية" MI (Major inspections):**

تتضمن عمليات التفتيش الرئيسية فحص جميع الأجزاء الرئيسية من الحافة إلى الحافة في التوربينات الغازية يتضمن التفتيش عناصر من عمليات الاحتراق ومسار الغاز الساخن وضغط الهواء بالإضافة إلى عمليات الفحص التي ينبغي أن تنفذ على غلاف، القطع الدوارة و الأختام.

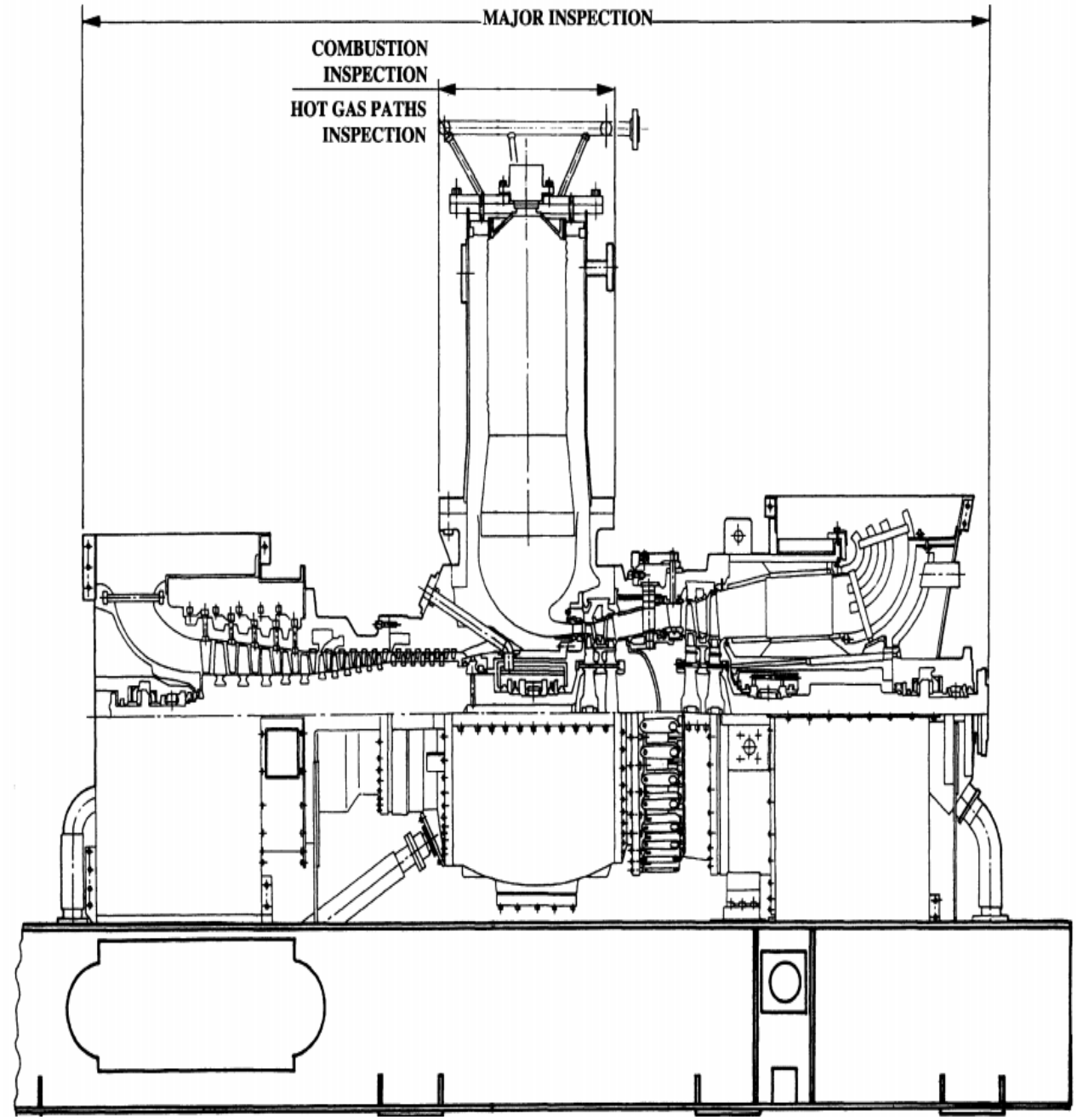
تقوم بعمليات التفتيش "الرئيسية" MI شركة GE ALGESCO تتم كل 32000 ساعة أي بالتقريب كل 44 شهراً.

ويتم توقيف التوربين حوالي39 يوم.

التفتيش الاحتياطي والاحتراق وتفتيش مسار الغاز الساخن وعمليات التفتيش الرئيسية تتطلب تفكيك التوربينات بدرجات متفاوتة أنظر **الشكل(11)**

(وثائق المؤسسة)

**الشكل رقم(11):** يوضح مراحل عمليات التفتيش في التوربين .




**المصدر :** مصلحة التخطيط والطرائق قسم الصيانة.

### ❖ عمليات التفتيش الخاصة.

ويمكن القول عمليات التفتيش بلبوريسكوب"Borescope" بحيث تتضمن التوربينات الغازية أحكام للفحص البصري بواسطة بوريسكوب الذي يسمح بمعاينة الأماكن الضيقة التي يصعب الوصول لها دون تفكيك الأجزاء المحيطة بها .

(وثائق المؤسسة)

## III- استخـــدام أسلوب التحليل الشبكي لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية في غورد الباقل - سوناطراك -

### III- 1 تطبيق طريقة CPM و طريقة PERT لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية:

بناء على المعطيات التي أمكننا التحصل عليها من قسم الصيانة بخصوص عمليات تفتيش "مسار الغاز الساخن" HGPI في مولد كهربائي توربو (MP Booster / PGT10) الذي يعتبر من أهم التجهيزات في الحقل والتي تتطلب التخطيط الجيد لأعمال صيانتها.

وحتى نقوم بتخطيط أعمال الصيانة الوقائية لهذه الآلة وبغية حساب أقل الأوقات لانجاز فعاليات الصيانة والتوصل إلى نتائج دقيقة في حسابات الأوقات المبكرة و المتأخرة وتحديد المسار الحرج ووقته سنعتمد على برنامج WINQSB الذي يحتوي برامج جاهزة خاصة بالمخططات الشبكية (CPM-PERT).

وتبعا للمعلومات التي جمعناها من قسم الصيانة بالإضافة إلى وثائق المؤسسة قمنا بانجاز الجدول التالي:(الوحدة المستعملة هي بساعة)

**الجدول رقم(6):** أنشطة الصيانة التي تتم على التوربين ضمن عمليات تفتيش مسار الغاز الساخن HGPI وأزمنتها والأسبقية فيما بينها.

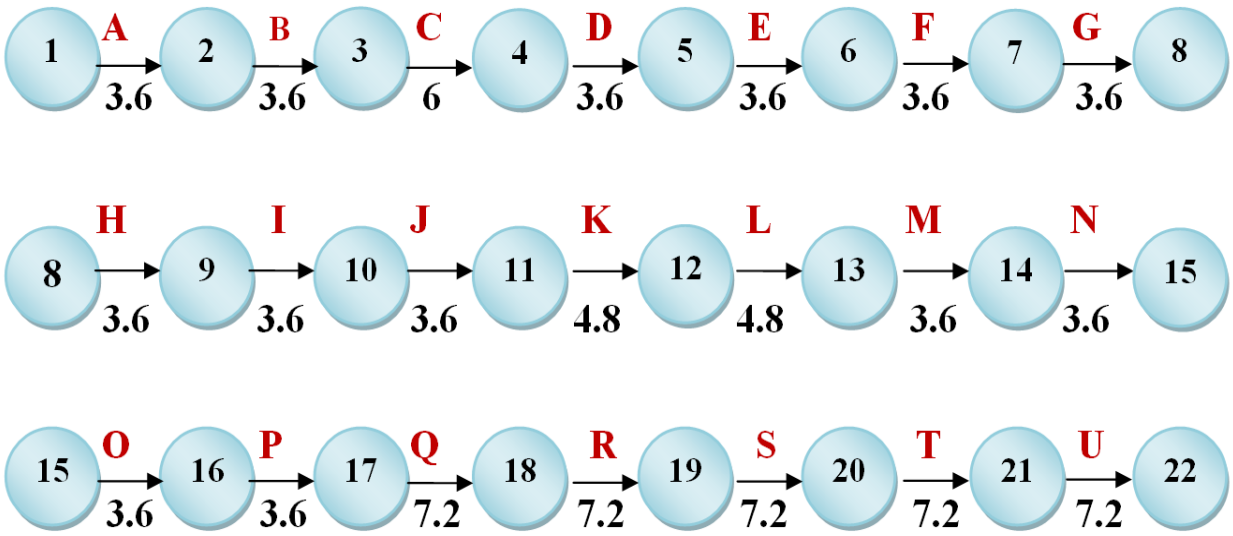
| رقم النشاط | الحدث السابق و اللاحق | اسم النشاط | رمز النشاط | النشاط السابق | زمن النشاط [ساعة] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1-2 | Remove Combustion Chamber Cover | A | - | 3.6 |
| 2 | 2-3 | Remove Cap and Liner | B | A | 3.6 |
| 3 | 3-4 | Remove HP Turbine Casing | C | B | 6 |
| 4 | 4-5 | Remove Transition Piece | D | C | 3.6 |
| 5 | 5-6 | Disassemble 1st Stage Nozzle | E | D | 3.6 |
| 6 | 6-7 | Remove LP Turbine Casing | F | E | 3.6 |
| 7 | 7-8 | Remove 2nd Stage Segments | G | F | 3.6 |
| 8 | 8-9 | Remove 2nd Stage Nozzle | H | G | 3.6 |
| 9 | 9 -10 | Remove 4th Stage Segments | I | H | 3.6 |
| 10 | 10 -11 | Remove LP Turbine Inner Casing | J | I | 3.6 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 11 -12 | Inspection Combustion System Parts | K | J | 4.8 |
| 12 | 12 -13 | Inspection 1st+2nd+4th Stage Nozzle | L | K | 4.8 |
| 13 | 13 -14 | Inspection 2nd+4th Stage Diaphragms | M | L | 3.6 |
| 14 | 14 -15 | Inspection of Turbine Buckets | N | M | 3.6 |
| 15 | 15 -16 | Inspection of Shroud Segments | O | N | 3.6 |
| 16 | 16 -17 | Inspection of the Radial Pins | P | O | 3.6 |
| 17 | 17 -18 | Reassembly Turbine Inner Casing | Q | P | 7.2 |
| 18 | 18 -19 | Reassembly 2nd + 4th Stage Nozzles | R | Q | 7.2 |
| 19 | 19 -20 | Reassembly LP Turbine Casing | S | R | 7.2 |
| 20 | 20 -21 | Reassembly 1st Stage Nozzles | T | S | 7.2 |
| 21 | 21-22 | Combustion System Parts | U | T | 7.2 |
| Total | | | | | 98.4 |

**المصدر:** من إعداد الطالبين بالاعتماد على وثائق المؤسسة.

والمخطط الشبكي الذي يوضح هذه الأنشطة هو كما يلي:

**الشكل رقم(12):** شبكة الأعمال الخاصة بعمليات تفتيش مسار الغاز الساخن في التوربين.




**المصدر:** من إعداد الطالبين.

وتبعا للقاء الذي أجريناه مع بعض المهندسين المكلفين بأعمال صيانة التربينات بالإضافة إلى مصلحة التخطيط والطرائق قمنا بتحديد كل من الأزمنة الثلاث المتوقعة لتنفيذ عمليات التفتيش HGPI.

والجدول التالي يبين لنا كل ذلك: (الوحدة المستعملة هي بساعة).

**الجدول رقم(7):** الأزمنة المتوقعة لعمليات تفتيش مسار الغاز الساخن HGPI في التوربين.

| رقم النشاط | رمز النشاط | الزمن المتوقع لتنفيذ النشاط [الساعة] | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التفاؤلي a | الأكثر احتمالا m | التشاؤمي b |
| 1 | A | 3 | 5.4 | 9 |
| 2 | B | 2.4 | 3.6 | 4.8 |
| 3 | C | 10.8 | 18 | 30 |
| 4 | D | 3 | 5.4 | 9 |
| 5 | E | 3 | 3.6 | 6 |
| 6 | F | 13.8 | 15 | 12.6 |
| 7 | G | 3.6 | 4.8 | 7.8 |
| 8 | H | 4.2 | 5.4 | 9 |
| 9 | I | 3.6 | 4.2 | 7.8 |
| 10 | J | 4.2 | 4.8 | 9 |
| 11 | K | 7.2 | 10.2 | 14.4 |
| 12 | L | 7.8 | 10.2 | 14.4 |
| 13 | M | 2.4 | 4.8 | 7.8 |
| 14 | N | 3.6 | 5.4 | 8.4 |
| 15 | O | 2.4 | 4.2 | 7.8 |
| 16 | P | 2.4 | 3 | 4.2 |
| 17 | Q | 5.4 | 5.4 | 8.4 |
| 18 | R | 14.4 | 16.8 | 21 |
| 19 | S | 7.8 | 8.4 | 15 |
| 20 | T | 6 | 7.2 | 9 |
| 21 | U | 8.4 | 12 | 21 |

**المصدر:** من إعداد الطالبين بالاعتماد على الخبراء ووثائق المؤسسة.

## III-1- 1 أسلوب المسار الحرج CPM :

بعد ملأ بيانات **الجدول رقم(6)** وبناء على مخرجات برنامج PERT/CPM ، وبالخصوص النتائج التي تم الحصول عليها بأسلوب المسار الحرج CPM قمنا بإعداد الكشف التفصيلي الخاص بعمليات تفتيش "مسار الغاز الساخن" HGPI.

**الجدول(8):** النتائج التي تم الحصول عليها بأسلوب CPM.

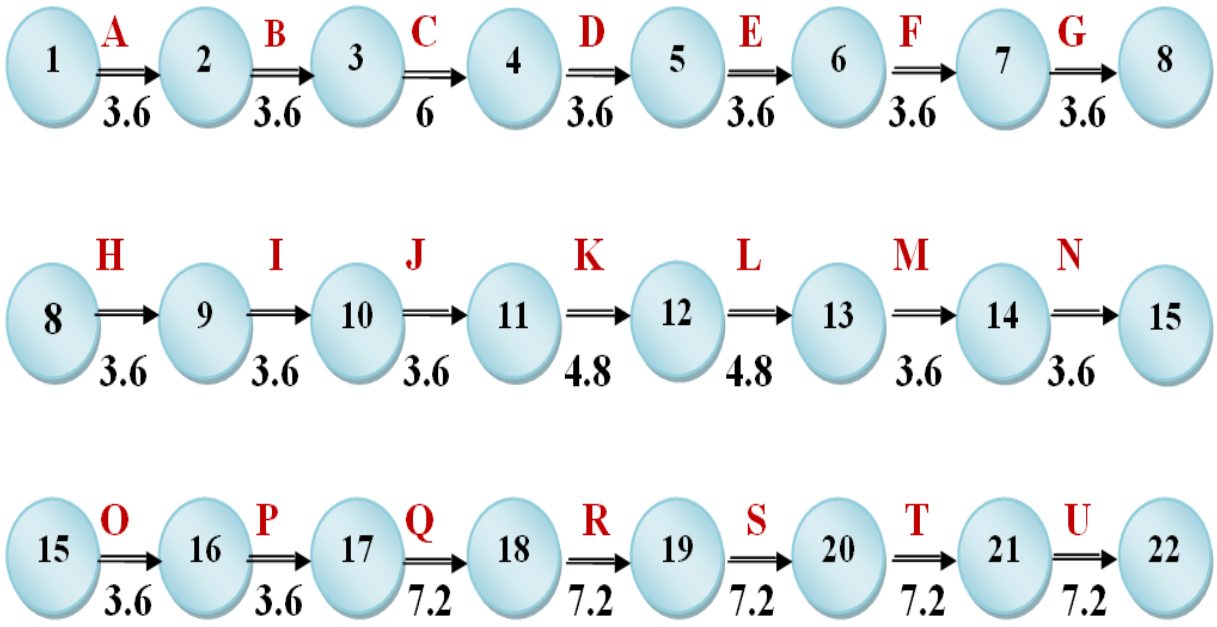
| رقم النشاط | رمز النشاط | زمن النشاط (ساعة) | الأزمنة الابتدائية | | الأزمنة النهائية | | الزمن الفائض | أنشطة المسار الحرج |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ES | LS | EF | LF | | |
| 1 | A | 3.6 | 0 | 0 | 3.6 | 3.6 | 0 | * |
| 2 | B | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 7.2 | 7.2 | 0 | * |
| 3 | C | 6 | 7.2 | 7.2 | 13.2 | 13.2 | 0 | * |
| 4 | D | 3.6 | 13.2 | 13.2 | 16.8 | 16.8 | 0 | * |
| 5 | E | 3.6 | 16.8 | 16.8 | 20.4 | 20.4 | 0 | * |
| 6 | F | 3.6 | 20.4 | 20.4 | 24 | 24 | 0 | * |
| 7 | G | 3.6 | 24 | 24 | 27.6 | 27.6 | 0 | * |
| 8 | H | 3.6 | 27.6 | 27.6 | 31.2 | 31.2 | 0 | * |
| 9 | I | 3.6 | 31.2 | 31.2 | 34.8 | 34.8 | 0 | * |
| 10 | J | 3.6 | 34.8 | 34.8 | 38.4 | 38.4 | 0 | * |
| 11 | K | 4.8 | 38.4 | 38.4 | 43.2 | 43.2 | 0 | * |
| 12 | L | 4.8 | 43.2 | 43.2 | 48 | 48 | 0 | * |
| 13 | M | 3.6 | 48 | 48 | 51.6 | 51.6 | 0 | * |
| 14 | N | 3.6 | 51.6 | 51.6 | 55.2 | 55.2 | 0 | * |
| 15 | O | 3.6 | 55.2 | 55.2 | 58.8 | 58.8 | 0 | * |
| 16 | P | 3.6 | 58.8 | 58.8 | 62.4 | 62.4 | 0 | * |
| 17 | Q | 7.2 | 62.4 | 62.4 | 69.6 | 69.6 | 0 | * |
| 18 | R | 7.2 | 69.6 | 69.6 | 76.8 | 76.8 | 0 | * |
| 19 | S | 7.2 | 76.8 | 76.8 | 84 | 84 | 0 | * |
| 20 | T | 7.2 | 84 | 84 | 91.2 | 91.2 | 0 | * |
| 21 | U | 7.2 | 91.2 | 91.2 | 98.4 | 98.4 | 0 | * |
| **وقت الانجاز = 98.4 ساعة** | | | | | | | | |
| **عدد المسارات الحرجة = 1** | | | | | | | | |

**المصدر:** من إعداد الطالبين بالاعتماد على مخرجات برنامج Win QSB.

يتضح في **الجدول رقم (8)** أن الأنشطة الحرجة تتمثل في كل أنشطة تفتيش مسار الغاز الساخن وهي كل الأنشطة ذات الفائض الزمني يساوي الصفر ومنه مسار حرج واحد. وأي تأخر في أحد الأنشطة سوف يؤدي إلى تأخر مدة تنفيذ أعمال الصيانة التي تقدر بـ 98 ساعة و 24 دقيقة.

وبتالي ينبغي أن نعطي لكل الأنشطة عناية خاصة و نركز الاهتمام على تنفيذها في أجالها المحددة تماما. ونمثل هذه الأنشطة بخطوط مزدوجة في الشبكة أدناه.

**الشكل رقم(13):** شبكة الأعمال موضح عليها المسار الحرج.




**المصدر:** من إعداد الطالبين.

## III-1- 2 أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT :

فيما يتعمق بأسلوب PERT فيمكن أن نرتب النتائج التي تحصلنا عليها في الجدول التالي :

**الجدول(9):** النتائج التي تم الحصول عليها بأسلوب PERT

| رقم النشاط | رمز النشاط | الزمن المتوقع لتنفيذ النشاط [الساعة] | | | الزمن المتوقع $\overline{D}_{ij}$ | الأزمنة الابتدائية | | الأزمنة النهائية | | التباين | الزمن الفائض | أنشطة المسار الحرج |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | a | m | b | | ES | LS | EF | LF | | | |
| 1 | A | 3 | 5.4 | 9 | 5.6 | 0 | 0 | 5.6 | 5.6 | 1 | 0 | * |
| 2 | B | 2.4 | 3.6 | 4.8 | 3.6 | 5.6 | 5.6 | 9.2 | 9.2 | 0.4 | 0 | * |
| 3 | C | 10.8 | 18 | 30 | 18.8 | 9.2 | 9.2 | 28 | 28 | 3.2 | 0 | * |
| 4 | D | 3 | 5.4 | 9 | 5.6 | 28 | 28 | 33.6 | 33.6 | 1 | 0 | * |
| 5 | E | 3 | 3.6 | 6 | 3.9 | 33.6 | 33.6 | 37.5 | 37.5 | 0.5 | 0 | * |
| 6 | F | 13.8 | 15 | 22.8 | 16.1 | 37.5 | 37.5 | 53.6 | 53.6 | 1.5 | 0 | * |
| 7 | G | 3.6 | 4.8 | 7.8 | 5.1 | 53.6 | 53.6 | 58.7 | 58.7 | 0.7 | 0 | * |
| 8 | H | 4.2 | 5.4 | 9 | 5.8 | 58.7 | 58.7 | 64.5 | 64.5 | 0.8 | 0 | * |
| 9 | I | 3.6 | 4.2 | 7.8 | 4.7 | 64.5 | 64.5 | 69.2 | 69.2 | 0.7 | 0 | * |
| 10 | J | 4.2 | 4.8 | 9 | 5.4 | 69.2 | 69.2 | 74.6 | 74.6 | 0.8 | 0 | * |
| 11 | K | 7.2 | 10.2 | 14.4 | 10.4 | 74.6 | 74.6 | 85 | 85 | 1.2 | 0 | * |
| 12 | L | 7.8 | 10.2 | 14.4 | 10.5 | 85 | 85 | 95.5 | 95.5 | 1.1 | 0 | * |
| 13 | M | 2.4 | 4.8 | 7.8 | 4.9 | 95.5 | 95.5 | 100.4 | 100.4 | 0.9 | 0 | * |
| 14 | N | 3.6 | 5.4 | 8.4 | 5.6 | 100.4 | 100.4 | 106 | 106 | 0.8 | 0 | * |
| 15 | O | 2.4 | 4.2 | 7.8 | 4.5 | 106 | 106 | 110.5 | 110.5 | 0.9 | 0 | * |
| 16 | P | 2.4 | 3 | 4.2 | 3.1 | 110.5 | 110.5 | 113.6 | 113.6 | 0.3 | 0 | * |
| 17 | Q | 5.4 | 5.4 | 8.4 | 5.9 | 113.6 | 113.6 | 119.5 | 119.5 | 0.5 | 0 | * |
| 18 | R | 14.4 | 16.8 | 21 | 17.1 | 119.5 | 119.5 | 136.6 | 136.6 | 1.1 | 0 | * |
| 19 | S | 7.8 | 8.4 | 15 | 9.4 | 136.6 | 136.6 | 146 | 146 | 1.2 | 0 | * |
| 20 | T | 6 | 7.2 | 9 | 7.3 | 146 | 146 | 153.3 | 153.3 | 0.5 | 0 | * |
| 21 | U | 8.4 | 12 | 21 | 12.9 | 153.3 | 153.3 | 166.2 | 166.2 | 2.1 | 0 | * |
| **وقت الانجاز = 166.20 ساعة** | | | | | | | | | | | | |
| **عدد المسارات الحرجة = 1** | | | | | | | | | | | | |
| **الانحراف المعياري = 5.45** | | | | | | | | | | | | |

**المصدر:** من إعداد الطالبين بالاعتماد على مخرجات برنامج Win QSB

يتبين من الجدول أعلاه أن الأنشطة الحرجة تمثلت في كل أنشطة الصيانة حيث أن احتياطي الزمني فيها معدوم ولا يمكن تأجيل أو تأخير في تنفيذ هذه الأنشط وكذلك يبين الجدول وقت انجاز عملية التفتيش HGPI وهو 166ساعة و 12 دقيقة. وانحراف المعياري لهذا المسار تقدر حسب هذا النموذج بـ5.45.

## III- 2 استخدام أسلوب Fuzzy PERT لتخطيط أعمال الصيانة الوقائية:

**- إعداد الشبكة الضبابية:**

يتطلب إعداد شبكة أعمال باستخدام تقديرات بيرت الضبابية تحديد الأنشطة وعلاقات الأسبقية بينها وهذا ما حددناه سابقا .

بالإضافة إلى مؤشرات الأنشطة حيث اعتمدنا على مؤشرات طريقة PERT والتي تأخذ الشكل المثلثي، والمتحصل عليها من خلال الاستعانة بخبراء في مجال الصيانة حيث تم الاعتماد على هذه الأزمنة باعتبارها تدل على تقديرات الخبراء لكل نشاط .

والجدول التالي يوضح الأنشطة وأزمنتها الضبابية.

**الجدول رقم (10):**الأزمنة الضبابية للمشروع.

| رقم النشاط | رمز النشاط | تقديرات الزمن لتنفيذ النشاط [الساعة] حسب PERT | | | تقديرات الزمن حسب المجموعة الضبابية |
|---|---|---|---|---|---|
| | | a | m | B | |
| 1 | A | 3 | 5.4 | 9 | (3,5.4,5.4,9) |
| 2 | B | 2.4 | 3.6 | 4.8 | (2.4,3.6,3.6,4.8) |
| 3 | C | 10.8 | 18 | 30 | (10.8,18,18,30) |
| 4 | D | 3 | 5.4 | 9 | (3,5.4,5.4,9) |
| 5 | E | 3 | 3.6 | 6 | (3,3.6,3.6,6) |
| 6 | F | 13.8 | 15 | 22.8 | (13.8,15,15,22.8) |
| 7 | G | 3.6 | 4.8 | 7.8 | (3.6,4.8,4.8,7.8) |
| 8 | H | 4.2 | 5.4 | 9 | (4.2,5.4,5.4,9) |
| 9 | I | 3.6 | 4.2 | 7.8 | (3.6,4.2,4.2,7.8) |
| 10 | J | 4.2 | 4.8 | 9 | (4.2,4.8,4.8,9) |
| 11 | K | 7.2 | 10.2 | 14.4 | (7.2,10.2,10.2,14.4) |
| 12 | L | 7.8 | 10.2 | 14.4 | (7.8,10.2,10.2,14.4) |

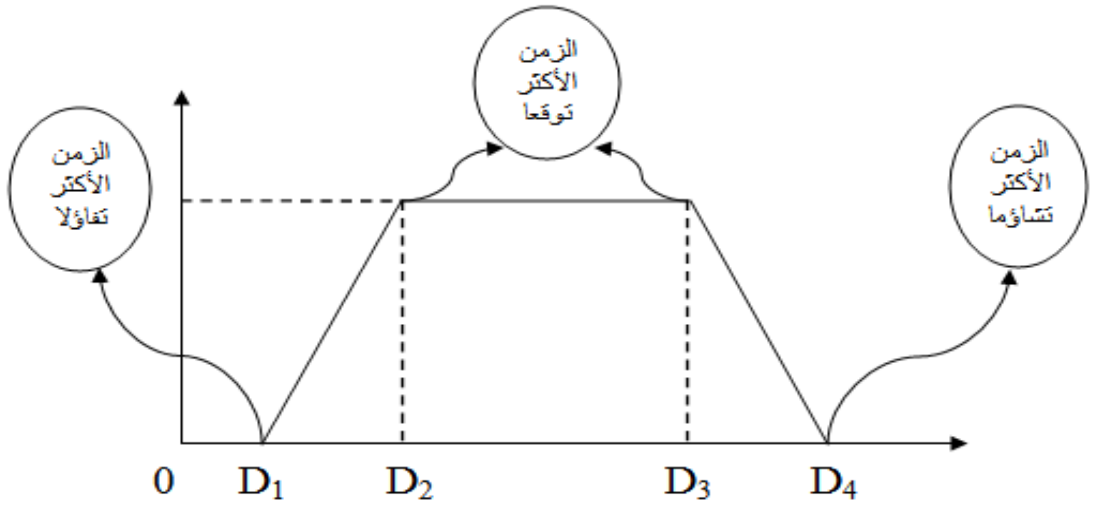
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **13** | **M** | 2.4 | 4.8 | 7.8 | (2.4,4.8,4.8,7.8) |
| **14** | **N** | 3.6 | 5.4 | 8.4 | (3.6,5.4,5.4,8.4) |
| **15** | **O** | 2.4 | 4.2 | 7.8 | (2.4,4.2,4.2,7.8) |
| **16** | **P** | 2.4 | 3 | 4.2 | (2.4,3,3,4.2) |
| **17** | **Q** | 5.4 | 5.4 | 8.4 | (5.4,5.4,5.4,8.4) |
| **18** | **R** | 14.4 | 16.8 | 21 | (14.4,16.8,16.8,21) |
| **19** | **S** | 7.8 | 8.4 | 15 | (7.8,8.4,8.4,15) |
| **20** | **T** | 6 | 7.2 | 9 | (6,7.2,7.2,9) |
| **21** | **U** | 8.4 | 12 | 21 | (8.4,12,12,21) |

**المصدر:** من إعداد الطالبين.

من خلال الجدول فمثلا النشاط A يمثل حسب طريقة PERT بالمؤشرات (a,b,m) على التوالي (3,5.4,9).

في شبكة المجموعات الضبابية يمثل الزمن الضبابي (3,5.4,5.4,9) و يمثل بالشكل التالي.

**الشكل رقم(14):** الزمن الضبابي للأنشطة.



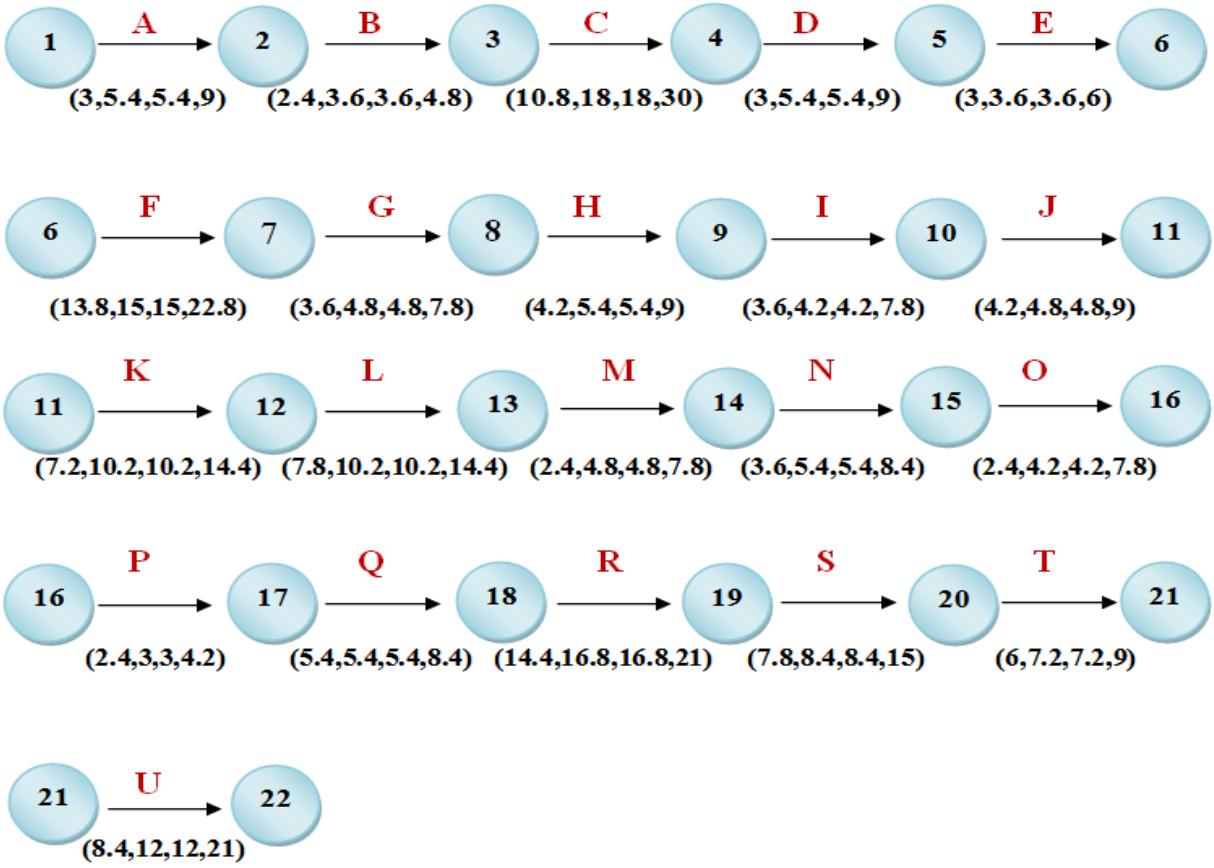

**المصدر:** من إعداد الطالبين

$D_1=3$
$D_2=5.4$
$D_3=5.4$
$D_4=9$

حيث $D_2=D_3$

ومن خلال الجدول السابق نرسم الشبكة التي سنوضحها في الشكل التالي:

**الشكل رقم (15):** شبكة الأعمال حسب أسلوب بيرت الضبابيFuzzy PERT.




**المصدر:** من إعداد الطالبين.

بعد رسمنا للشبكة الخاصة بعمليات تفتيش "مسار الغاز الساخن" HGPI للتوربين محل الدراسة نقوم الآن بحساب أزمنة بدء وانتهاء الأنشطة وهذا من أجل تحديد المسار الحرج وهذا بتطبيق الخطوات التي سبق ذكرها في الفصل الثاني .

فنحسب **البداية المبكرة** للنشاط A و B مثلا : نفرض أن حدث البداية صفر(0,0,0,0)

$\bar{E}S_A = (0,0,0,0)$

$\bar{E}S_B = \bar{E}S_A + D_B = (0,0,0,0) \oplus (3,5.4,5.4,9)$

$\bar{E}S_B = (3,5.4,5.4,9)$

ونحسب **البداية المتأخرة** للنشاط T و R مثلا:

$\bar{L}S_T = \bar{L}S_U - D_T = (111,145.8,145.8,225.4) \ominus (6,7.2,7.2,9)$

$\bar{L}S_T = (105,138.6,138.6,216.4)$

$\bar{L}S_R = \bar{L}S_S - D_R = (97.2,130.2,130.2,201.4) \ominus (14.4,16.8,16.8,21)$

$\bar{L}S_R = (82.8,113.4,113.4,180.4)$

والجدول التالي يبين لنا أزمنة البداية المبكرة والمتأخرة للأحداث ($\bar{E}_i$) و($\bar{L}_i$) المتحصل عليها.

**الجدول رقم(11):** النتائج المتحصل عليها من حساب البداية المبكرة ($\overline{E}_i$) و البداية المتأخرة ($\overline{L}_i$) .

| رقم النشاط | رمز النشاط | $\overline{L_i}$ | $\overline{E_i}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | A | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) |
| 2 | B | (3,5.4,5.4,9) | (3,5.4,5.4,9) |
| 3 | C | (5.4,9,9,13.8) | (5.4,9,9,13.8) |
| 4 | D | (16.2,27,27,43.8) | (16.2,27,27,43.8) |
| 5 | E | (19.2,32.4,32.4,52.8) | (19.2,32.4,32.4,52.8) |
| 6 | F | (22.2,36,36,58.8) | (22.2,36,36,58.8) |
| 7 | G | (36,51,51,81.6) | (36,51,51,81.6) |
| 8 | H | (39.6,55.8,55.8,89.4) | (39.6,55.8,55.8,89.4) |
| 9 | I | (43.8,61.2,61.2,98.4) | (43.8,61.2,61.2,98.4) |
| 10 | J | (47.4,65.4,65.4,106.2) | (47.4,65.4,65.4,106.2) |
| 11 | K | (51.6,70.2,70.2,115.2) | (51.6,70.2,70.2,115.2) |
| 12 | L | (58.8,80.4,80.4,129.6) | (58.8,80.4,80.4,129.6) |
| 13 | M | (66.6,90.6,90.6,143.8) | (66.6,90.6,90.6,143.8) |
| 14 | N | (69,95.4,95.4,151.6) | (69,95.4,95.4,151.6) |
| 15 | O | (72.6,100.8,100.8,160) | (72.6,100.8,100.8,160) |
| 16 | P | (75,105,105,167.8) | (75,105,105,167.8) |
| 17 | Q | (77.4,108,108,172) | (77.4,108,108,172) |
| 18 | R | (82.8,113.4,113.4,180.4) | (82.8,113.4,113.4,180.4) |
| 19 | S | (97.2,130.2,130.2,201.4) | (97.2,130.2,130.2,201.4) |
| 20 | T | (105,138.6,138.6,216.4) | (105,138.6,138.6,216.4) |
| 21 | U | (111,145.8,145.8,225.4) | (111,145.8,145.8,225.4) |

**المصدر:** من إعداد الطالبين.

وباستخدام المعادلات التالية نحصل على كل أزمنة فعاليات المشروع .

- **البداية المبكرة الضبابية**(Fuzzy Earliest Starting)

نقوم بحساب البداية المبكرة الضبابية لنشاط A وB مثلا:

$$F\bar{E}S_A = (es_A^1, es_A^2, es_A^3, es_A^4) = \bar{E}_A = (0,0,0,0)$$

$$F\bar{E}S_B = (es_B^1, es_B^2, es_B^3, es_B^4) = \bar{E}_B = (3,5.4,5.4,9)$$

- **النهاية المبكرة الضبابية**(Fuzzy Earliest Finishing)

حساب البداية المبكرة الضبابية لنشاط A وB مثلا:

$$F\bar{E}F_A = (ef_A^1, ef_A^2, ef_A^3, ef_A^4) = \bar{E}S_A + D_A = (0,0,0,0) \oplus (3,5.4,5.4,9)$$

$$F\bar{E}F_A = (3,5.4,5.4,9)$$

$$F\bar{E}F_B = (ef_B^1, ef_B^2, ef_B^3, ef_B^4) = \bar{E}S_B + D_B = (3,5.4,5.4,9) \oplus (2.4,3.6,3.6,4.8)$$

$$F\bar{E}F_B = (5.4,9,9,13.8)$$

- **البداية المتأخرة الضبابية**(Fuzzy Latest Starting)

حساب البداية المبكرة الضبابية لنشاط A وB مثلا:

$$F\bar{L}S_A = (ls_A^1, ls_A^2, ls_A^3, ls_A^4) = \bar{L}F_A \ \Theta \ D_A = (3,5.4,5.4,9) \ \Theta \ (3,5.4,5.4,9)$$

$$F\bar{L}S_A = (0,0,0,0)$$

$$F\bar{L}S_B = (ls_B^1, ls_B^2, ls_B^3, ls_B^4) = \bar{L}F_B \Theta \ D_B = (5.4,9,9,13.8) \ \Theta \ (2.4,3.6,3.6,4.8)$$

$$F\bar{L}S_B = (3,5.4,5.4,9)$$

- **النهاية المتأخرة الضبابية** (Fuzzy Latest Finishing)

حساب البداية المتأخرة الضبابية لنشاط A وB مثلا:

$$F\bar{L}F_A = (lf_A^1, lf_A^2, lf_A^3, lf_A^4) = \bar{L}_A = (3,5.4,5.4,9)$$

$$F\bar{L}F_B = (lf_B^1, lf_B^2, lf_B^3, lf_B^4) = \bar{L}_B = (5.4,9,9,13.8)$$

وبنفس الطريقة نحسب باقي الأزمنة و الجدول التالي يوضح.

**الجدول رقم(12):** يوضح أزمنة بداية ونهاية كل نشاط وفق أسلوب Fuzzy PERT.

| رقم النشاط | رمز النشاط | $F\bar{E}S$ | $F\bar{E}F$ | $F\bar{L}S$ | $F\bar{L}F$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | (0,0,0,0) | (3,5.4,5.4,9) | (0,0,0,0) | (3,5.4,5.4,9) |
| 2 | B | (3,5.4,5.4,9) | (5.4,9,9,13.8) | (3,5.4,5.4,9) | (5.4,9,9,13.8) |
| 3 | C | (5.4,9,9,13.8) | (16.2,27,27,43.8) | (5.4,9,9,13.8) | (16.2,27,27,43.8) |
| 4 | D | (16.2,27,27,43.8) | (19.2,32.4,32.4,52.8) | (16.2,27,27,43.8) | (19.2,32.4,32.4,52.8) |
| 5 | E | (19.2,32.4,32.4,52.8) | (22.2,36,36,58.8) | (19.2,32.4,32.4,52.8) | (22.2,36,36,58.8) |
| 6 | F | (22.2,36,36,58.8) | (36,51,51,81.6) | (22.2,36,36,58.8) | (36,51,51,81.6) |
| 7 | G | (36,51,51,81.6) | (39.6,55.8,55.8,89.4) | (36,51,51,81.6) | (39.6,55.8,55.8,89.4) |
| 8 | H | (39.6,55.8,55.8,89.4) | (43.8,61.2,61.2,98.4) | (39.6,55.8,55.8,89.4) | (43.8,61.2,61.2,98.4) |
| 9 | I | (43.8,61.2,61.2,98.4) | (47.4,65.4,65.4,106.2) | (43.8,61.2,61.2,98.4) | (47.4,65.4,65.4,106.2) |
| 10 | J | (47.4,65.4,65.4,106.2) | (51.6,70.2,70.2,115.2) | (47.4,65.4,65.4,106.2) | (51.6,70.2,70.2,115.2) |
| 11 | K | (51.6,70.2,70.2,115.2) | (58.8,80.4,80.4,129.6) | (51.6,70.2,70.2,115.2) | (58.8,80.4,80.4,129.6) |
| 12 | L | (58.8,80.4,80.4,129.6) | (66.6,90.6,90.6,143.8) | (58.8,80.4,80.4,129.6) | (66.6,90.6,90.6,143.8) |
| 13 | M | (66.6,90.6,90.6,143.8) | (69,95.4,95.4,151.6) | (66.6,90.6,90.6,143.8) | (69,95.4,95.4,151.6) |
| 14 | N | (69,95.4,95.4,151.6) | (72.6,100.8,100.8,160) | (69,95.4,95.4,151.6) | (72.6,100.8,100.8,160) |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | O | (72.6,100.8,100.8,160) | (75,105,105,167.8) | (72.6,100.8,100.8,160) | (75,105,105,167.8) |
| 16 | P | (75,105,105,167.8) | (77.4,108,108,172) | (75,105,105,167.8) | (77.4,108,108,172) |
| 17 | Q | (77.4,108,108,172) | (82.8,113.4,113.4,180.4) | (77.4,108,108,172) | (82.8,113.4,113.4,180.4) |
| 18 | R | (82.8,113.4,113.4,180.4) | (97.2,130.2,130.2,201.4) | (82.8,113.4,113.4,180.4) | (97.2,130.2,130.2,201.4) |
| 19 | S | (97.2,130.2,130.2,201.4) | (105,138.6,138.6,216.4) | (97.2,130.2,130.2,201.4) | (105,138.6,138.6,216.4) |
| 20 | T | (105,138.6,138.6,216.4) | (111,145.8,145.8,225.4) | (105,138.6,138.6,216.4) | (111,145.8,145.8,225.4) |
| 21 | U | (111,145.8,145.8,225.4) | (119.4,157.8,157.8,246.4) | (111,145.8,145.8,225.4) | (119.4,157.8,157.8,246.4) |
| | | | | | |

**المصدر :** من إعداد الطالبين

من خلال هذا الجدول تقدر مدة أنجاز أعمال التفتيش مسـار الغاز الساخن في التوربيـن وفق أسلوب بيرت الضبابي Fuzzy PERT بـ (119.4, 157.8, 157.8, 246.4) الحد الأدنـى هو 119 ساعة و24 دقيقة والحد الأعلى 246 ساعة و24 دقيقة.

**حساب الهوامش الكلية الضبابية** (Fuzzy Total Slack)

حساب الهامش الكلي الضبابي لنشاط A وB مثلا:

$\overline{T}F_A= (lf_A^1, lf_A^2, lf_A^3, lf_A^4) = (lf_A \Theta ef_A) = (3,5.4,5.4,9) \Theta (3,5.4,5.4,9)$

$\overline{T}F_A= (0,0,0,0)$

$\overline{T}F_B= (lf_B^1, lf_B^2, lf_B^3, lf_B^4) = (lf_B \Theta ef_B) = (5.4,9,9,13.8) \Theta (5.4,9,9,13.8)$

$\overline{T}F_B=(0,0,0,0)$

**حساب الهوامش الحرة الضبابية** ( Fuzzy Free Slack)

حساب الهامش الحر الضبابي لنشاط A وB مثلا:

$\overline{F}F_A= (ff_A^1, ff_A^2, ff_A^3, ff_A^4) = (\bar{E}_A \Theta ef_A)$

$\overline{F}F_A= (3,5.4,5.4,9) \Theta (3,5.4,5.4,9)$

$\overline{F}F_A= (0,0,0,0)$

وبنفس الطريقة نحسب باقي الهوامش الضبابية ومنه تتضح كل الأنشطة الحرجة وبتالي إيجاد المسار الحرج.

والجدول التالي يوضح:

**الجدول رقم(13):** يبين نتائج حساب القيم الهوامش الكلية الضبابية $\overline{F}F_{ij}$ و الهوامش الحرة الضبابية $\overline{T}F_{ij}$ .

| رقم النشاط | رمز النشاط | Slack | | أنشطة المسار الحرج |
|---|---|---|---|---|
| | | $\overline{F}F_{ij}$ | $\overline{T}F_{ij}$ | |
| 1 | A | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 2 | B | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 3 | C | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 4 | D | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 5 | E | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 | F | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 7 | G | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 8 | H | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 9 | I | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 10 | J | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 11 | K | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 12 | L | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 13 | M | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 14 | N | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 15 | O | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 16 | P | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 17 | Q | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 18 | R | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 19 | S | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 20 | T | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |
| 21 | U | (0,0,0,0) | (0,0,0,0) | نشاط حرج |

**المصدر:** من إعداد الطالبين

يتبين من الجدول أعلاه أن الأنشطة الحرجة تمثلت في كل أنشطة الصيانة حسب أسلوب بيرت الضبابي Fuzzy PERT. حيث أن احتياطي الزمني فيها معدوم ومنه مسار حرج واحد ولا يمكن تأجيل أو تأخير في تنفيذ أي نشاط من هذه الأنشط.

## خلاصة:

لقد سمحت لنا الدراسة التطبيقية بالتعرف عن قرب على حقل غورد الباقل التابع لشركة سوناطراك التي تعد من أكبر المؤسسات على المستويين الإفريقي والعالمي في مجال الطاقة وبترو كيماويات التي استطاعت أن تحقق عوائد كبيرة للجزائر من إنتاج وتصدير النفط والغاز.

ولقد تحدثنا في هذا الفصل عن واقع إدارة الصيانة بالمؤسسة وبعدها التنظيمي ونوعية عمليات الصيانة التصحيحية والوقائية المطبقة، واكتشفنا أنه لا تزال إدارة الصيانة بحاجة إلى مزيد من الاهتمام لحسن استغلال البيانات المتعلقة بالآلات في تخطيط أعمال الصيانة وهذا ما توضح لنا من خلال الجولة الميدانية داخل قسم الصيانة بالحقل. ولا يتجلى ذلك إلا من خلال تطبيق الأساليب الكمية التي تحسن وتزيد من فعالية إدارة الصيانة بالمؤسسة. وقمنا بتوضيحها من خلال دراسة تطبيق شبكات الأعمال في تخطيط أعمال الصيانة الوقائية لأحد الآلات الرئيسية والتي تأثر بشكل مباشرة على حجم وتكلفة الإنتاج.

# خاتمة عامة

## الخاتمة العامة:

لقد قمنا في هذا البحث بمعالجة موضوع يلعب دورا مهما وحيويا في حياة أي مؤسسة وقد تبلورت أهميته في السنوات الماضية خاصة بعد تعقد النواحي الفنية في تجهيزات الإنتاج. إنه موضوع الصيانة وإشكالية تخطيط أعمال الصيانة الوقائية من خلال استخدام أسلوب التحليل الشبكي.

إن الصيانة شأنها شأن أي وظيفة أخرى يجب أن تنظم وتسير بطريقة صحيحة وفق مناهج علمية سليمة ويجب أن تخرج من دائرة الأعمال الإصلاحية الروتينية التي يتم اللجوء إليها وقت حدوث العطل والتي تكلف المؤسسة أموالا باهظة إلى أعمال الصيانة المخططة وتبني سياسات الصيانة الحديثة. كذلك يجب التأكد من أن من يشغل هذه الوظيفة قادر على أدائها حيث يؤدي عدم امتلاك العاملين أو فنيي الصيانة للمهارات والقدرات اللازمة لأداء وظائفهم إلى انخفاض الأداء وبالتالي انخفاض الإنتاجية، كما أن الاختيار السليم لفنيي الصيانة يجب أن يصاحبه دورات تدريبية الهدف منها إحداث مجموعة من التطورات والتغيرات المطلوبة بصورة إيجابية في معارف ومهارات وسلوكيات العاملين من أجل التغلب على نقاط الضعف أو المشاكل التي تحول دون تحقيق النتائج المرجوة.

إن الدور الفاعل للصيانة في ترشيد استغلال واستخدام الطاقات الإنتاجية المتاحة يتطلب انتهاج أساليب علمية حديثة في تنفيذ أعمالها بجودة أكبر وتكلفة أقل، ولقد استعرضنا في الفصل الثالث مجموعة من أساليب شبكات الأعمال التي تسهل تخطيط أنشطة الصيانة بأقصى استفادة وبطريقة اقتصادية.

مكنتنا الدراسة الميدانية من التعرف على واقع الصيانة في مؤسستنا الوطنية التي لا يزال عليها أن تقطع أشواطا كبيرة للوصول إلى المستوى الذي يسمح لها بمسايرة التطورات الهائلة التي يشهدها العالم فبالرغم من الأهمية التي تحتلها الصيانة في مؤسسة سوناطراك إلا أنها لم تبلغ بعد المستوى المطلوب سواءا من ناحية التنظيم أو التسيير أو من ناحية إتباع الأساليب الحديثة في تنفيذ أعمال الصيانة .

### ✍ اختبار الفرضيات:

**الفرضية الرئيسية:**

أثبتت النتائج صحة الفرضية بأن أسلوب التحليل الشبكي يساهم في التخطيط الجيد والأمثل لأعمال الصيانة.

**الفرضية الفرعية:**

يساهم أسلوب Fuzzy PERT في التخطيط الأمثل لأعمال الصيانة الوقائية حيث يتحدد بمجال (119.4,157.8,157.8,246.4) والذي يأخذ في الحسبان العوامل النوعية المؤثرة في عامل الزمن.

✍ **نتائج الدراسة:**

- الطريقة المعتمدة من طرف المؤسسة لتخطيط أعمال الصيانة هي طريقة Gantt باستخدام برنامج Ms Project. حيث تحدد زمن تفتيش مسار الغاز HGPI الساخن في التوربين بـ 98 ساعة و24 دقيقة.

- زمن تفتيش مسار الغاز HGPI في التوربين وفق أسلوب المسار الحرج CPM هو 98 ساعة و24 دقيقة.

- الزمن المتوقع لتفتيش مسار الغاز HGPI في التوربين وفق أسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT هو 166 ساعة و 12 دقيقة

- زمن تفتيش مسار الغاز HGPI في التوربين باستخدام أسلوب Fuzzy PERT هو (119.4,157.8,157.8,246.4) الحد الأدنى 119 ساعة و24 دقيقة والحد الأعلى 246 ساعة و24 دقيقة.

✍ **تحليل النتائج:**

- إن وقت المسار الحرج الكلي لتفتيش مسار الغاز HGPI في التوربين المحسوب باستخدام طريقة Gantt وبالاعتماد على برنامج Ms Project يساوي وقت تفتيش مسار الغاز وفق أسلوب المسار الحرج CPM .

- إن الاعتماد على زمن واحد أكيد. غير واقعي، ولا يتفق مع بيئة النشاط التي تتسم بعدم التأكد.

- إن أعمال الصيانة الوقائية تنفذ بأوقات غير مدروسة وبالتالي انعكست آثارها السلبية في تحديد الوقت الأمثل للصيانة.

- باستخدام أسلوب PERT نكون قد عالجنا حالة التأكد التام التي تتصف بالواقعية اخذين ثلاث تقديرات لأزمنة تنفيذ أنشطة تفتيش مسار الغاز HGPI في التوربين (المتفائل، الأكثر احتمالا المتشائم) ولكن لتحديد نتائج أكثر دقة تم استخدام أسلوب Fuzzy PERT بالاعتماد على معطيات قدمت من قبل الخبراء في المؤسسة الذين أخذوا بعين الاعتبار مجموعة من المتغيرات المؤثرة في زمن تنفيذ النشاط ونذكر منها على سبيل المثال لا لحصر (الأحوال الجوية، خبرة اليد العاملة، درجة كفاءة الآلات وحداثتها).

✍ **التوصيات:**

وبمقتضى هذه الاستنتاجات يمكن تحديد أهم التوصيات:

- ضرورة الاعتماد على أساليب بحوث العمليات في تقدير دورة الصيانة الوقائية.
- إن ممارسة أعمال الصيانة الوقائية بشكل دوري ومدروس المتمثل بـ (أعمال التنظيف التزييت الإصلاح والاستبدال البسيط لبعض الأجزاء) سوف يضمن لنا استمرار عمليات التشغيل الطبيعية وعدم التوقف.
- الإعداد النوعي للعاملين في قسم الصيانة وتدريبهم على الأساليب العلمية في تقدير الأوقات المناسبة وبأقل كلفة مع ضمان استمرار العمليات التشغيلية، إذ أصبحت بحوث العمليات إحدى الأساليب القوية التي تعتمدها الشركات العالمية والتي يمكن أن تجنب الشركة حالات التوقف المفاجئ.
- إحالة مسؤولية التخطيط والجدولة إلى أصحاب الكفاءة، فضلاً عن الاستفادة من خبرات المتخصصين في مجالات بحوث وإدارة العمليات وتقنيات الإدارة الهندسية والصناعية وإدارة الجودة الشاملة والمجالات الأخرى ذات الصلة.
- من الأفضل استخدام أسلوب Fuzzy PERT من أجل المشروعات التي تحتوي نشاطات ذات أزمنة غير مؤكدة مثل مشروعات الصيانة.
- يجب عدم الاعتماد على حكم فرد واحد ممن يؤدون النشاط عند تقرير أزمنة النشاطات، ويؤخذ بدلاً من ذلك المتوسط الحسابي لمجموعة من التقديرات، لأن ذلك يقلل من الانحراف عن القيمة المتوقعة لزمن إنجاز النشاط.
- إتباع نموذج الشبكة الضبابية في تقدير زمن أنشطة المشروع نظرا لما تتميز به هذه الطريقة عن باقي الطرق، وكثرة المؤشرات الناتجة عنها، وإجراء أبحاث وندوات عمل حول هذه الطريقة لتوضيحها وتوسيع استخدامها في المؤسسات العلمية لافتقار المكتبة للأدبيات الخاصة بها.

### ✍ آفاق الدراسة:

حاولنا من خلال دراستنا معالجة الموضوع محل الدراسة في حدود الإشكالية المطروحة وفي حدود البيانات والمعلومات المتاحة، وبالتالي يمكن اعتبارها نقطة انطلاق لدراسات أخرى من شأنها أن توضح النقاط التي لم نتطرق لها.

# المراجع

## قائمة المراجع:

### ❖ المراجع باللغة العربية :

✍ **الكتب:**

1) أحمد راغب أحمد، **الإدارة الصناعية**، دار البداية ناشرون وموزعون، الطبعة الأولى عمان الأردن، 2010.

2) أحمد طرطار، **الترشيد الاقتصادي للطاقة الإنتاجية في المؤسسة**، ديوان المطبوعات الجامعية الجزائر، طبعة الأولى، الجزائر، 2001 .

3) أحمد عبد إسماعيل الصفار، ماجدة عبد الطيف التميمي، **بحوث العمليات تطبيقات على الحاسوب**، دار المناهج لنشر و التوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، 2008 .

4) أحمد يوسف دودين، **إدارة المشاريع المعاصرة**، دار اليازوري لنشر و التوزيع، عمان الطبعة العربية، 2014.

5) أكرم محمد عرفان المهتدي، **الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإداري**، دار صفاء لنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الأولى، 2004.

6) بن حمود سكينة، **مدخل للتسيير و العمليات الإدارية**، دار الأمة لطباعة والنشر والتوزيع الطبعة الأولى، الجزائر، 2012.

7) جاسم مجيد، **التطورات التكنولوجية و الإدارة الصناعية**، مؤسسة شباب الجامعة الإسكندرية 2004.

8) حمدي فؤاد علي، **الاتجاهات الحديثة في الإدارة البرمجة الخطية وبيرت**، دار النهضة العربية للطباعة، بيروت، 1982.

9) رامي حكمة فؤاد الحديثي، حيدر عبد الحسن علوان، فائزغازي عبد الطيف البياتي **الاتجاهات الحديثة في إدارة الصيانة المبرمجة**، دار وائل لنشر، الطبعة الأولى، عمان الأردن، 2004.

10) رضا صاحب أبو حامد علي، سنان كاظم الموسوي، **وظائف المؤسسة المعاصرة** مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، 2001.

11) سونيا محمد البكري، **تخطيط و مراقبة الإنتاج**، الدار الجامعية للنشر و التوزيع الإسكندرية مصر، 2000 .

12) سونيا محمد البكري، **استخدام الأساليب الكمية في الإدارة**، مطبعة الإشعاع الإسكندرية 2003.

13) شوقي ناجي جواد، **المرجع المتكامل في إدارة الأعمال:منظور كلي**، دار الحامد لنشر الطبعة الأولى، عمان الأردن، 2010.

14) صلاح الشنواني، **إدارة الإنتاج**، مركز الإسكندرية للكتاب، الإسكندرية، مصر، 2000.

15) عاطف محمد عبيد، جندي فؤاد علي، **التنظيم الصناعي وإدارة الإنتاج**، دار النهضة العربية بيروت، 1974.

16) عبد الرحمان توفيق، **إدارة الصيانة وتشغيل المرافق**، مركز الخبرات المهنية للإدارة الطبعة الثالثة، القاهرة ،2004.

17) عبد الرزاق الموسوي، **التحليل الكمي للعلوم الإدارية و التطبيقية**، مؤسسة الوراق لنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، 2008 .

18) عبد الرزاق الموسوي، **المدخل لبحوث العمليات**، دار وائل للنشر، الأردن، 2001.

19) عبد الكريم محسنة، صباح مجيد النجار، **إدارة و الإنتاج و العمليات**، مكتبة الذاكرة الطبعة الثانية، بغداد، 2006 .

20) علي حسين علي و آخرون، **نظرية القرارات الإدارية مدخل نظري وكمي**، دار زهران للنشر والتوزيع، عمان، 2008.

21) علي حسين علي وآخرون، **بحوث العمليات وتطبيقاتها في وظائف المنشأة**، دار زهران عمان الأردن، 1999.

22) غالب العباسي، محمد نور برهان، **إدارة المشاريع**، الشركة العربية المتحدة للتسويق والتوريد بالتعاون مع جامعة القدس المفتوحة، القاهرة، 2008 .

23) غسان قاسم داود اللامي، أميرة شكرولي، **إدارة الإنتاج و العمليات مرتكزات كمية ومعرفية** دار اليازوري للنشر والتوزيع، الطبعة العربية، الأردن، 2008.

24) محمد الطراونة، سليمان عبيدات، **مقدمة في بحوث العمليات**، دار المسيرة لنشر والتوزيع الطبعة الأولى، عمان، الأردن، 2009.

25) محمد عبد الفتاح الصيرفي، **الأسلوب الكمي في تخطيط المشروعات شبكات الأعمال للمبتدئين**، دار صفاء لنشر و التوزيع، الطبعة الأولى ،عمان الأردن، 2002.

26) محمود العبيدي، **إدارة المشاريع منهج كمي**، الوراق للنشر والتوزيع، عمان، 2009.

27) مصطفى يوسف كافي، **إدارة الإيواء الفندقي**، دار أسامة لنشر و التوزيع، الطبعة الأولى عمان، الأردن، 2016 .

28) يزن ابراهيم مقبل، مقدمة في بحوث العمليات، مكتبة المجتمع العربي لنشر، الطبعة الأولى عمان، 2005.

✍ **البحوث الجامعية:**

1) بنشوري نسيبة أثر **تطبيق الأساليب الكمية على فعالية إدارة الصيانة** رسالة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير في علوم التسيير، جامعة محمد خيضر، بسكرة 2016/2015

2) بوعنينبة وهيبة، **دور إدارة الصيانة في تخفيض تكاليف الإنتاج**، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في اقتصاد وتسيير المؤسسة، جامعة 20أوت1955، سكيكدة 2007/2006.

3) زرقي عمار، **التعهيد بإدارة الصيانة كاختيار استراتيجي للمؤسسة الصناعي**، مذكرة تخرج لنيل شهادة ماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة 2012/2011.

4) شمشام حفيظة، **المفاضلة بين نماذج شبكات الأعمال التقليدية و الحديثة في التخطيط ومراقبة المشاريع**، رسالة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير، جامعة محمد خيضر بسكرة 2014/2013.

5) فؤاد زميت تقنيات، **إدارة المشاريع باستعمال التحليل الكمي**، مذكرة تخرج لنيل شهادة ماجستير في العلوم التجارية، جامعة المسيلة، 2012/2011.

✍ **المقالات و المجلات:**

1) أيمن يوسف، **استخدام التخطيط الشبكي في جدولة العمليات الإنتاجية**، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد الرابع 2013.

2) بشرى صبيح كاظم، **استخدام أساليب التحليل الشبكي في السيطرة على العمليات الإنتاجية وتخفيض التكاليف**، مجلة الكوت للعلوم الاقتصادية والإدارية، العدد الثالث عشر، 2014 .

3) حيدر شاكر نوري، كريم قاسم محمد، **استخدام أنموذج التحليل الشبكي للأعمال لتقليل أوقات الإنجاز في المشاريع الإنشائية**، مجلة كلية المأمون العدد الثاني والثلاثون 2018.

4) خالد ضاري عباس ألطائي، **استعمال أسلوب المخططات الشبكية لمخطط مشروع مد سكة حديد**، مجلة كلية التراث الجامعة، العدد الثامن عشر ،2015.

5) محمد عبد الهادي وآخرون، **المنطق الضبابي في اتخاذ القرارات الإدارية**، المجلة العربية للعلوم الإدارية، جامعة الكويت، المجلد السادس، العدد الثاني،2010.

6) نجم عبود نجم **إدارة العمليات - النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة،** الجزء الأول معهد الإدارة العامة، مركز البحوث، الرياض، 2001

7) نعيم نصير، **إدارة وتقييم المشاريع،** منشورات المنظمة العربية، القاهرة،2005.

## ❖ المراجع باللغة الأجنبية:

1) A B Plilsker, **GERT : Graphical Evaluation and Review Technique**, National earonation and space administration, 1966.

2) Abd el Haddi El Rifai, **Analysis of PERT Network Using Estimations of Fuzzy Sets Theory** ,2005.

3) Ahmad Soltani, Rasoul Haji, **A Project Scheduling Method Based on Fuzzy Theory**, Journal of Industrial and Systems Engineering, Vol. 1, No 1,2007.

4) Alberto De Marco, **Project Management for Facility Constructions**, Springer Heidelberg Dordrecht London, New York, 2011.

5) Belhandouz Abd El Madjid, **Calcul de la performance du compresseur GBT 4502**, Rapport de fin d'induction, SONATRACH DP - REB, 2014-2015.

6) Bengrira Fatima Zohra, **Retubage des échangeurs de chaleurs de l'unité LP stabilisation EA4501 & EA4501S,** Rapport de fin d'induction, Rhourde El Baguel 2015-2017.

7) Bernardie Mont Morillon, Jean Pierre Pitol-Belin, **Organisation et gestion de l'entreprise**, Paris, édition Litec, 1995.

8) Ching-Hsue Cheng ,Yin Lin, **Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation**, European Journal of Operational Research, 2002.

9) Eyke Hüllermeier et al**, Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010

10) François Monchy , **La fonction maintenance, formation à la gestion de la maintenance industrielle**, Masson, Paris, 1996.

11) François Monchy,claude kojchen, **Maintenance outils, méthode et organisation,** 4e éd, Dunod, Paris, 2015.

12) George J. Klir and Bo Yuan, **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and applications**, publish By Prentice Hall PTR, New Jersey, usa, 1995.

13) Georges Javel, **Organisation et Gestion De La Production** , 4e éd, Dunod, Paris, 2015.

14) Jean Héng , **Pratique De La Maintenance Préventive**, 3e éd, Dunod, Paris, 2011.

15) Lorterapong Pasit and Ossama Moselhi, **project network analysing using fuzzy sets project management**, journal december.1995.

16) Mekmouch Nassim, **rapport de stage**, SONATRACH, Rhourde El Baguel, 2016-2017.

17) ModerJ.and C. Phillips, **Project Management with CPM and PERT and Precedence Diagrammin**g, 3rd ed, VAN Nostrand Reinhold company, New York 1983.

18) SmailBenissaad, **Maintenance industrielle TEC 336**, publication de l'université Mentouri, Coustantine 2007-2008.

19) SmailBenissaad, **Maintenance industrielle TEC 336**, publication de l'université Mentouri, Coustantine 2004-2005.

20) TahirAkila,Rahmi Nassima, **Optimisation de la maintenance préventive des équipements informatiques**, Mémoire De Fin D'étude Master, Université Abderrahmane Mira, Bejaia, 2015-2016.

21) Verónica Morales et al, **Random PERT, Quality & Quantity**, Volume 43, Issue 2, 2009.

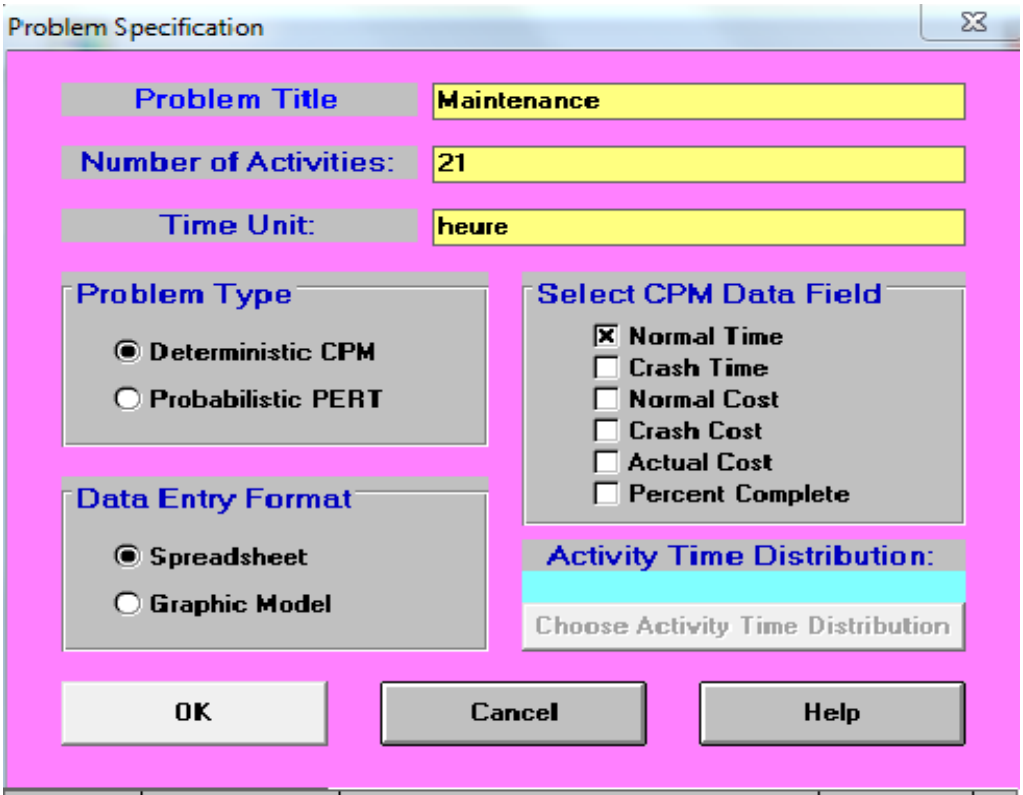
### ❖ المواقع الاليكترونية:

- سامر مظهر قنطقجي، ترشيد عمليات الصيانة بالأساليب الكمية، مركز الدكتور سامر مظهر قنطقجي لإدارة الأعمال، انترنت، الساعة 10:00، 15-02-2019.

الموقع: http//: www.kantakji.com

# الملاحق

**الملحق رقم (1):** يوضح كيفية ملأ وإدخال البيانات في برنامج WIN QSB/CPM .

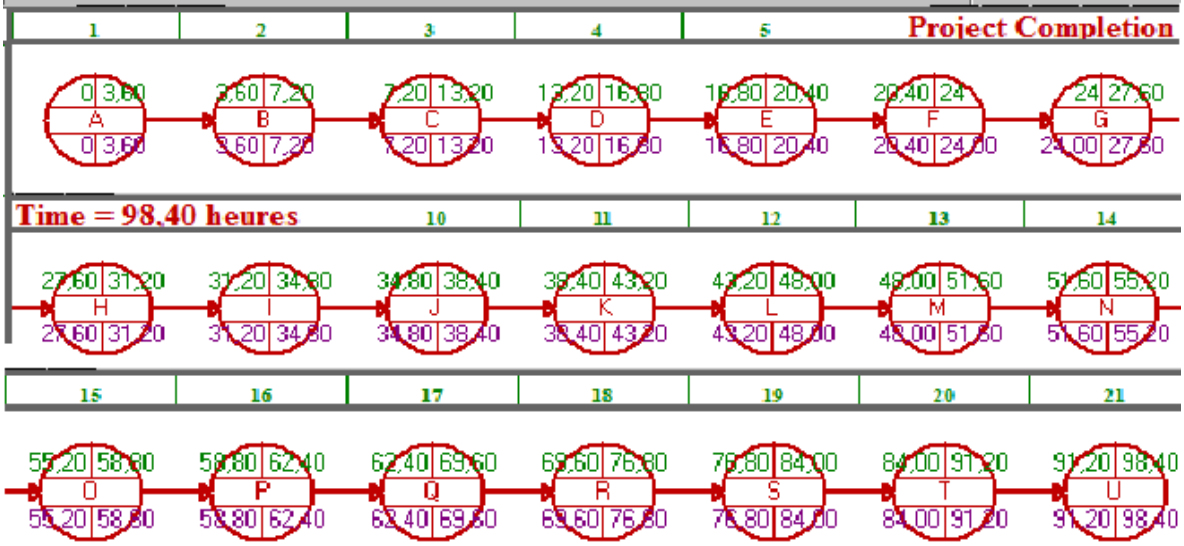



| Activity Number | Activity Name | Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',') | Normal Time |
|---|---|---|---|
| 1 | A | | 3.6 |
| 2 | B | 1 | 3.6 |
| 3 | C | 2 | 6 |
| 4 | D | 3 | 3.6 |
| 5 | E | 4 | 3.6 |
| 6 | F | 5 | 3.6 |
| 7 | G | 6 | 3.6 |
| 8 | H | 7 | 3.6 |
| 9 | I | 8 | 3.6 |
| 10 | J | 9 | 3.6 |
| 11 | K | 10 | 4.8 |
| 12 | L | 11 | 4.8 |
| 13 | M | 12 | 3.6 |
| 14 | N | 13 | 3.6 |
| 15 | O | 14 | 3.6 |
| 16 | P | 15 | 3.6 |
| 17 | Q | 16 | 7.2 |
| 18 | R | 17 | 7.2 |
| 19 | S | 18 | 7.2 |
| 20 | T | 19 | 7.2 |
| 21 | U | 20 | 7.2 |

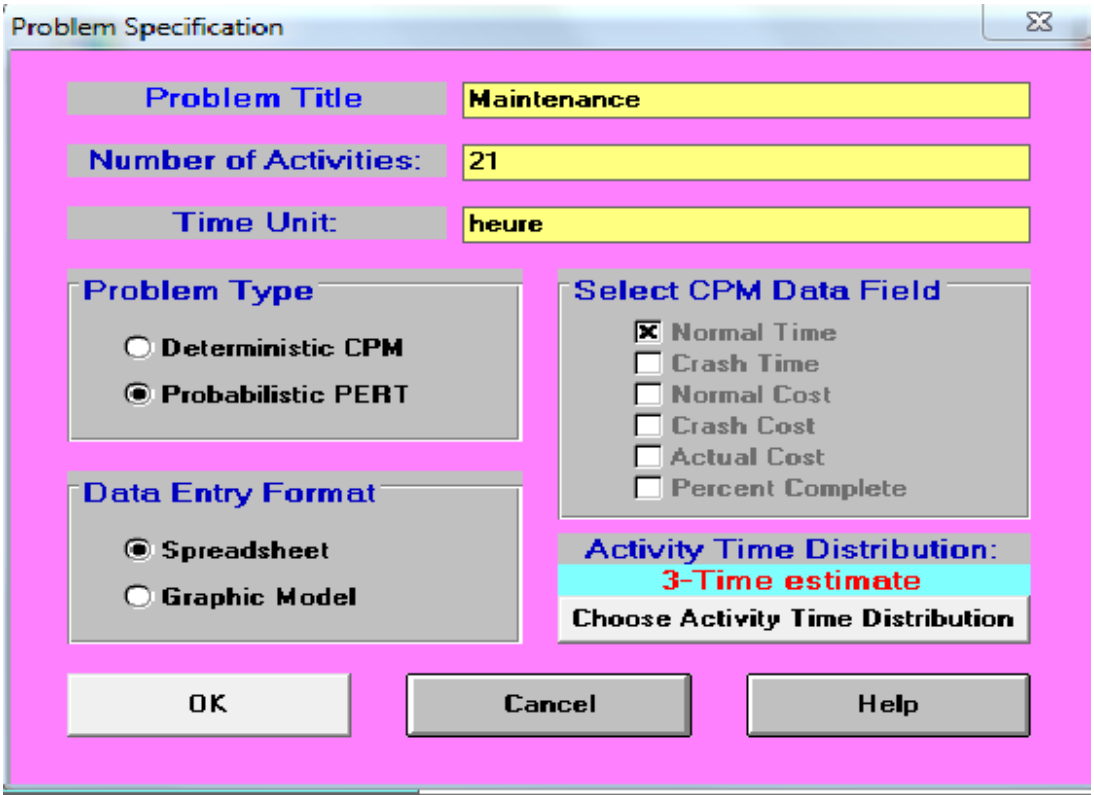
**الملحق رقم (2):** كشف تفصيلي لأنشطة الصيانة وفقا لأسلوب المسار الحرج.

| 01-01-2008 00:55:13 | Activity Name | On Critical Path | Activity Time | Earliest Start | Earliest Finish | Latest Start | Latest Finish | Slack (LS-ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | Yes | 3,6 | 0 | 3,6 | 0 | 3,6 | 0 |
| 2 | B | Yes | 3,6 | 3,6 | 7,2 | 3,6 | 7,2 | 0 |
| 3 | C | Yes | 6 | 7,2 | 13,2 | 7,2 | 13,2 | 0 |
| 4 | D | Yes | 3,6 | 13,2 | 16,8 | 13,2 | 16,8 | 0 |
| 5 | E | Yes | 3,6 | 16,8 | 20,4 | 16,8 | 20,4 | 0 |
| 6 | F | Yes | 3,6 | 20,4 | 24 | 20,4 | 24 | 0 |
| 7 | G | Yes | 3,6 | 24 | 27,6 | 24 | 27,6 | 0 |
| 8 | H | Yes | 3,6 | 27,6 | 31,2 | 27,6 | 31,2 | 0 |
| 9 | I | Yes | 3,6 | 31,2 | 34,8 | 31,2 | 34,8 | 0 |
| 10 | J | Yes | 3,6 | 34,8 | 38,4 | 34,8 | 38,4 | 0 |
| 11 | K | Yes | 4,8 | 38,4 | 43,2 | 38,4 | 43,2 | 0 |
| 12 | L | Yes | 4,8 | 43,2 | 48 | 43,2 | 48 | 0 |
| 13 | M | Yes | 3,6 | 48 | 51,6 | 48 | 51,6 | 0 |
| 14 | N | Yes | 3,6 | 51,6 | 55,2 | 51,6 | 55,2 | 0 |
| 15 | O | Yes | 3,6 | 55,2 | 58,8 | 55,2 | 58,8 | 0 |
| 16 | P | Yes | 3,6 | 58,8 | 62,4 | 58,8 | 62,4 | 0 |
| 17 | Q | Yes | 7,2 | 62,4 | 69,6 | 62,4 | 69,6 | 0 |
| 18 | R | Yes | 7,2 | 69,6 | 76,8000 | 69,6 | 76,8000 | 0 |
| 19 | S | Yes | 7,2 | 76,8000 | 84,0000 | 76,8000 | 84,0000 | 0 |
| 20 | T | Yes | 7,2 | 84,0000 | 91,2000 | 84,0000 | 91,2000 | 0 |
| 21 | U | Yes | 7,2 | 91,2000 | 98,4000 | 91,2000 | 98,4000 | 0 |
| | Project | Completion | Time | = | 98,40 | hours | | |
| | Number of | Critical | Path(s) | = | 1 | | | |

| Critical Path 1 |
|---|
| A |
| B |
| C |
| D |
| E |
| F |
| G |
| H |
| I |
| J |
| K |
| L |
| M |
| N |
| O |
| P |
| Q |
| R |
| S |
| T |
| U |
| 98,40 |



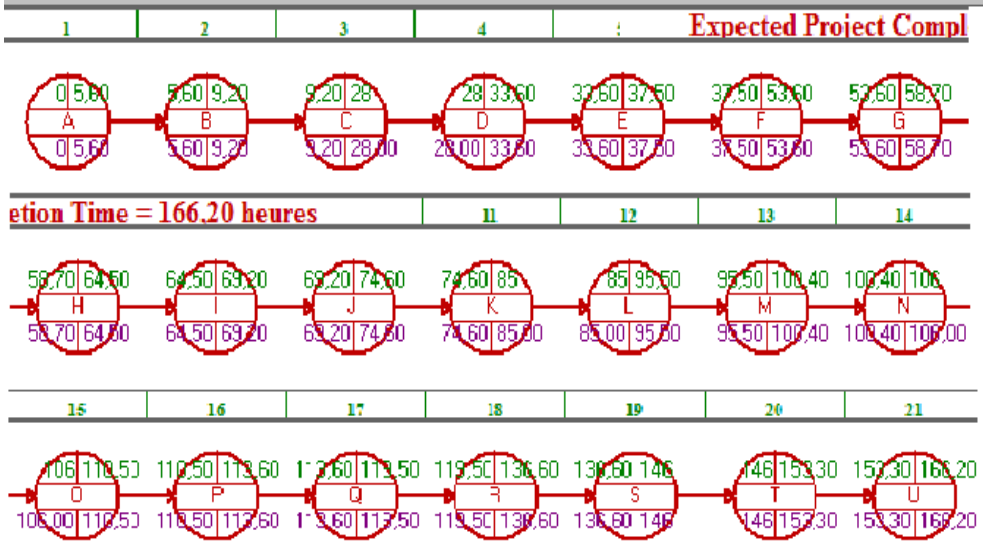
**الملحق رقم (3):** يوضح كيفية ملأ وإدخال البيانات في برنامج WIN QSB/PERT .




| Activity Number | Activity Name | Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',') | Optimistic time (a) | Most likely time (m) | Pessimistic time (b) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | | 3 | 5.4 | 9 |
| 2 | B | 1 | 2.4 | 3.6 | 4.8 |
| 3 | C | 2 | 10.8 | 18 | 30 |
| 4 | D | 3 | 3 | 5.4 | 9 |
| 5 | E | 4 | 3 | 3.6 | 6 |
| 6 | F | 5 | 13.8 | 15 | 22.8 |
| 7 | G | 6 | 3.6 | 4.8 | 7.8 |
| 8 | H | 7 | 4.2 | 5.4 | 9 |
| 9 | I | 8 | 3.6 | 4.2 | 7.8 |
| 10 | J | 9 | 4.2 | 4.8 | 9 |
| 11 | K | 10 | 7.2 | 10.2 | 14.4 |
| 12 | L | 11 | 7.8 | 10.2 | 14.4 |
| 13 | M | 12 | 2.4 | 4.8 | 7.8 |
| 14 | N | 13 | 3.6 | 5.4 | 8.4 |
| 15 | O | 14 | 2.4 | 4.2 | 7.8 |
| 16 | P | 15 | 2.4 | 3 | 4.2 |
| 17 | Q | 16 | 5.4 | 5.4 | 8.4 |
| 18 | R | 17 | 14.4 | 16.8 | 21 |
| 19 | S | 18 | 7.8 | 8.4 | 15 |
| 20 | T | 19 | 6 | 7.2 | 9 |
| 21 | U | 20 | 8.4 | 12 | 21 |

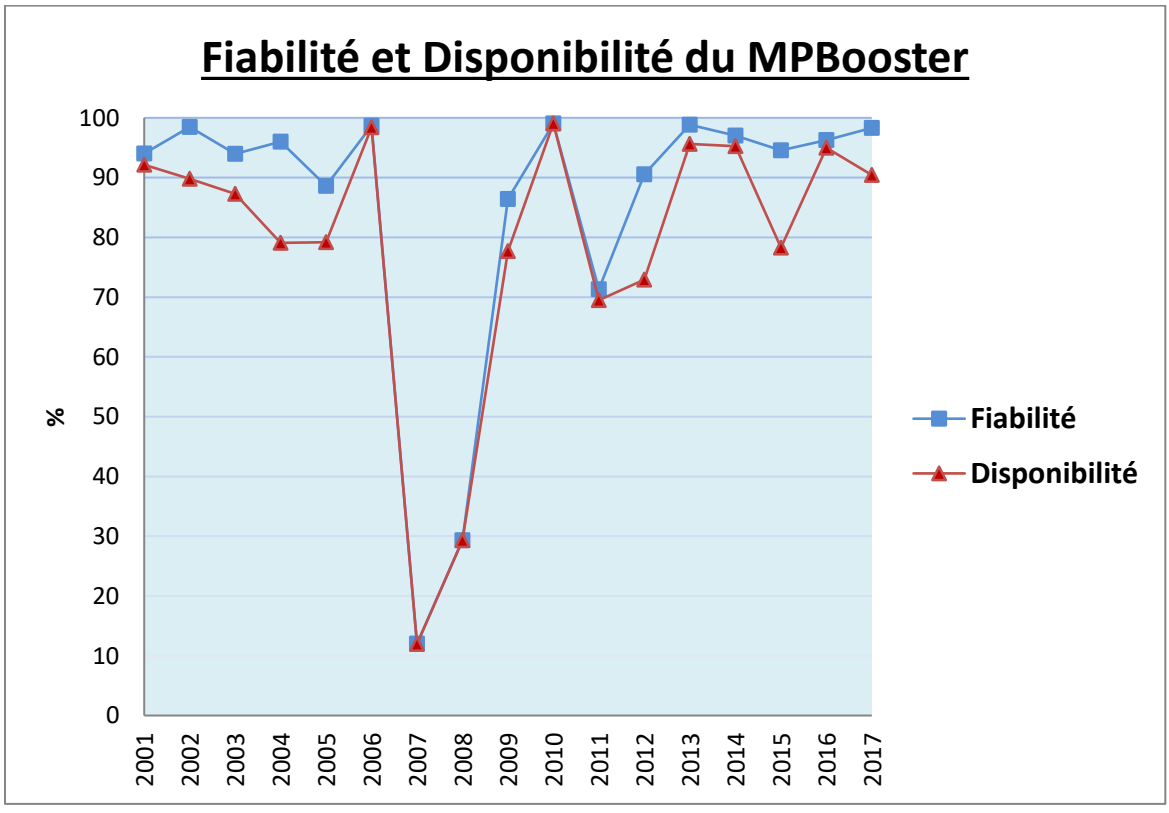
**الملحق رقم (4):** كشف تفصيلي لأنشطة الصيانة وفقا لأسلوب تقييم ومراجعة البرامج.

| 01-01-2008 01:16:13 | Activity Name | On Critical Path | Activity Mean Time | Earliest Start | Earliest Finish | Latest Start | Latest Finish | Slack (LS-ES) | Activity Time Distribution | Standard Deviation | Critical Path 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | Yes | 5,6 | 0 | 5,6 | 0 | 5,6 | 0 | 3-Time estimate | 1 | A |
| 2 | B | Yes | 3,6 | 5,6 | 9,2 | 5,6 | 9,2 | 0 | 3-Time estimate | 0,4 | B |
| 3 | C | Yes | 18,8 | 9,2 | 28 | 9,2 | 28 | 0 | 3-Time estimate | 3,2 | C |
| 4 | D | Yes | 5,6 | 28 | 33,6 | 28 | 33,6 | 0 | 3-Time estimate | 1 | D |
| 5 | E | Yes | 3,9 | 33,6 | 37,5 | 33,6 | 37,5 | 0 | 3-Time estimate | 0,5 | E |
| 6 | F | Yes | 16,1 | 37,5 | 53,6 | 37,5 | 53,6 | 0 | 3-Time estimate | 1,5 | F |
| 7 | G | Yes | 5,1 | 53,6 | 58,7 | 53,6 | 58,7 | 0 | 3-Time estimate | 0,7 | G |
| 8 | H | Yes | 5,8 | 58,7 | 64,5 | 58,7 | 64,5 | 0 | 3-Time estimate | 0,8 | H |
| 9 | I | Yes | 4,7 | 64,5 | 69,2 | 64,5 | 69,2 | 0 | 3-Time estimate | 0,7 | I |
| 10 | J | Yes | 5,4 | 69,2 | 74,6 | 69,2 | 74,6 | 0 | 3-Time estimate | 0,8 | J |
| 11 | K | Yes | 10,4 | 74,6 | 85 | 74,6 | 85 | 0 | 3-Time estimate | 1,2 | K |
| 12 | L | Yes | 10,5 | 85 | 95,5 | 85 | 95,5 | 0 | 3-Time estimate | 1,1 | L |
| 13 | M | Yes | 4,9 | 95,5 | 100,4 | 95,5 | 100,4 | 0 | 3-Time estimate | 0,9 | M |
| 14 | N | Yes | 5,6 | 100,4 | 106 | 100,4 | 106 | 0 | 3-Time estimate | 0,8 | N |
| 15 | O | Yes | 4,5 | 106 | 110,5 | 106 | 110,5 | 0 | 3-Time estimate | 0,9 | O |
| 16 | P | Yes | 3,1 | 110,5 | 113,6 | 110,5 | 113,6 | 0 | 3-Time estimate | 0,3 | P |
| 17 | Q | Yes | 5,9 | 113,6 | 119,5 | 113,6 | 119,5 | 0 | 3-Time estimate | 0,5 | Q |
| 18 | R | Yes | 17,1 | 119,5 | 136,6 | 119,5 | 136,6 | 0 | 3-Time estimate | 1,1 | R |
| 19 | S | Yes | 9,4 | 136,6 | 146 | 136,6 | 146 | 0 | 3-Time estimate | 1,2 | S |
| 20 | T | Yes | 7,3 | 146 | 153,3 | 146 | 153,3 | 0 | 3-Time estimate | 0,5 | T |
| 21 | U | Yes | 12,9 | 153,3 | 166,2 | 153,3 | 166,2 | 0 | 3-Time estimate | 2,1 | U |
| | Project | Completion | Time | = | 166,20 | heures | | | | | 166,20 |
| | Number of | Critical | Path(s) | = | 1 | | | | | | 5,45 |



**الملحق رقم (5):** يوضح دقة و إتاحة التوربين MP Booster

| valeur | Année | Fiabilité | Disponibilité |
|---|---|---|---|
| **1** | **2001** | 94,05 | 92,17 |
| **2** | **2002** | 98,49 | 89,81 |
| **3** | **2003** | 93,97 | 87,26 |
| **4** | **2004** | 95,98 | 79,06 |
| **5** | **2005** | 88,64 | 79,18 |
| **6** | **2006** | 98,67 | 98,4 |
| **7** | **2007** | 12,02 | 11,96 |
| **8** | **2008** | 29,3 | 29,3 |
| **9** | **2009** | 86,42 | 77,71 |
| **10** | **2010** | 99,06 | 99,06 |
| **11** | **2011** | 71,29 | 69,47 |
| **12** | **2012** | 90,56 | 72,9 |
| **13** | **2013** | 98,84 | 95,63 |
| **14** | **2014** | 97 | 95,24 |
| **15** | **2015** | 94,54 | 78,28 |
| **16** | **2016** | 96,25 | 94,99 |
| **17** | **2017** | 98,29 | 90,45 |



**الملحق رقم (6):** إنتاج النفط الخام في المنطقة خلال فترة2011-2018.

| | PRODUCTION ANHYDRE | |
|---|---|---|
| ANNEES | **en M3** | **en Tonnes** |
| **2011** | 1 107 796 | 855 449 |
| **2012** | 809 067 | 621 275 |
| **2013** | 972 694 | 743 637 |
| **2014** | 1 080 918 | 831 728 |
| **2015** | 1 044 325 | 802 724 |
| **2016** | 968 443 | 745 157 |
| **2017** | 887 460 | 682 729 |
| **2018** | 1 373 018 | 1 091 319 |
| Pour L'année 2018 | | |
| Production brut totale et par secteur | **Réalisations en M³ à15°c** | **Réalisations en Tonnes** |
| **Rhourde El Baguel** | 903 870,48 | 703 193,53 |
| **Secteur Mesdar** | 314 242,63 | 262 247,46 |
| **Secteur El Borma** | 154 905,10 | 125 877,71 |
| **TOTAL REGION** | 1 373 018,21 | 1 091 318,70 |

**الملحق رقم (7):** أيام توقيف لتفتيش وفترات التفتيش

| Jours d'arrêt des différentes inspections & intervalles d'inspection | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Type de machine** | **Type d'inspection** | **Nombre de Jours d'arrêt contrat l10** | **Cout de la révision (DA) 2éme année contrat l10** | **Intervalle d'inspection** | |
| | | | | **Heures** | **Mois** |
| PGT10 | MI | 39 j | | 32000 | 44 |
| | HGPI | 17 j | | 16000 | 22 |
| | CI | 5 j | | 8000 | 11 |
| MS5002 C/D | MI | 45j | | 48000 | 67 |
| | LTPI | 19j | | 24000 | 33 |
| | CI | 7 j | | 12000 | 17 |
| MS 3002 J | MI | 32j | | 48000 | 67 |
| | LTPI | 16j | | 24000 | 33 |
| | CI | 7 j | | 12000 | 17 |
| BCL | RG(N2) | 15j | | x | x |

**الملحق رقم (8):** أنشطة وأزمنة تفتيش مسار الغاز الساخن في التوربين MP Booster

| | Task name | craft | Time |
|---|---|---|---|
| **A** | **Pre Shutdown Work** | | **9 jr** |
| 1 | Verify spare parts | Planning | 9 jr |
| 2 | Verify consumables | Planning/DER | 9 jr |
| 3 | Prepare Blinds and Gaskets | Mechanical | 9 jr |
| **B** | **Shutdown MP Comp** | | **1 jr** |
| 1 | Shutdown Machine | Exploitation | 0 jr |
| 2 | Energy Isolation (including blinding the Fuel gas) | Exploitation | 1 jr |
| **C** | **Turbine Hot gas path inspect. (HGPI)** | **Mech** | **96** |
| **A** | **Disassembly** | | **36** |
| 1 | Remove Combustion Chamber Cover | Mechanical | 3.6 |
| 2 | Remove Cap and Liner | Mechanical | 3.6 |
| 3 | Remove HP Turbine Casing | Mechanical | 3.6 |
| 4 | Remove Transition Piece | Mechanical | 3.6 |
| 5 | Disassemble 1st Stage Nozzle | Mechanical | 3.6 |
| 6 | Remove LP Turbine Casing | Mechanical | 3.6 |
| 7 | Remove 2nd Stage Segments | Mechanical | 3.6 |
| 8 | Remove 2nd Stage Nozzle | Mechanical | 3.6 |
| 9 | Remove 4th Stage Segments | Mechanical | 3.6 |
| 10 | Remove LP Turbine Inner Casing | Mechanical | 3.6 |
| **B** | **Inspection** | | **24** |
| 1 | Inspection Combustion System Parts | Mechanical | 4.8 |
| 2 | Inspection 1st+2nd+4th Stage Nozzle | Mechanical | 4.8 |
| 3 | Inspection 2nd+4th Stage Diaphragms | Mechanical | 3.6 |
| 4 | Inspection of Turbine Buckets | Mechanical | 3.6 |
| 5 | Inspection of Shroud Segments | Mechanical | 3.6 |
| 6 | Inspection of the Radial Pins | Mechanical | 3.6 |
| **C** | **Reassembly** | | 36 |
| 1 | Reassembly Turbine Inner Casing | Mechanical | 7.2 |
| 2 | Reassembly 2nd + 4th Stage Nozzles | Mechanical | 7.2 |
| 3 | Reassembly LP Turbine Casing | Mechanical | 7.2 |
| 4 | Reassembly 1st Stage Nozzles | Mechanical | 7.2 |
| 5 | Combustion System Parts | Mechanical | 7.2 |