مجلة العبر للدراسات التاريخية والأثرية في شمال إفريقيا المجلد: 05 العدد: 01 يناير 2022 ص ص: 207-233
ر ت م د (ISSN): 2602-618X / ر ت م د إ (E-ISSN): 2710-8031

تأثير الاهتزازات على المعالم الأ ثرية

-السور الشمالي لمدينة المنصورة المرينية أنموذجاً-

The effect of vibrations on archaeological monuments - the walls of the city of Mansoura Marinid as a model

محمد بن زغادي ♦

جامعة تلمسان benzghadi13@yahoo.fr

تاريخ الإرسال: 2021/05/30	تاريخ القبول: 2021/10/24	تاريخ النشر:2022/01/31

الملخص باللغة العربية:

تعيش المعالم الأثرية في بيئة حضرية غريبة عنها من حيث الشكل والجوهر، وهي تعاني من ضغوط الحداثة والعصرنة، حيث فرضت نمطاً معيشياً في الجانب الاجتماعي والاقتصادي والثقافي لا يجد في قاموسه معناً لكلمة التراث المادي، بل الأكثر من ذلك يعتبره حجرة عثرة أمام الطموح اللاَّمتناهي للإنسان الحالي، ومن الإفرازات التي نجمت عن هذا الوضع الاهتزازات، فقد باتت وسائط النقل آليةً تتحرك ليل نهار، محدثة موجات متتابعة من الحركات الاهتزازية، هذه الأخيرة اصطلح على تسميتها مختصي علم الآثار بالموت البطيئ للتراث المادي التابث، وعليه عمدنا في هذه الورقة البحثية إلى إلقاء الضوء ساطعاً على أنموذجٍ أثري يعاني من هذه العملية منذ أمدٍ بعيد، مُحاولين تفسير أسبابها ونتائجها الوخيمة من العمل الميداني الذي قادنا إلى بقايا الموقع الأثري، واقتراح حل لها.

الكلمات المفتاحية: الأسوار، المنصورة؛ الاهتزازات ؛البيئة الحضرية.

Abstract: The monuments live in an urban setting that is alien to them in terms of form and substance ,It suffers from the pressures of modernity and modernity, It imposed a lifestyle on the social, economic and cultural side, which does not find in his dictionary the meaning of the word tangible heritage, Rather, he considers him a stumbling block before the endless ambition of the present human

♦ المؤلف المرسل

being, Among the secretions that resulted from this situation were the vibrations, Transportation has become a mechanism that moves day and night, Creating successive waves of shaking movements, The latter has been termed by archaeologists as the slow death of the fixed physical heritage, Accordingly, in this research paper we have shed bright light on an archaeological model that has been suffering from this process for a long time, We try to explain the causes and the dire consequences of the field work that led us to the remains of the archaeological site.

Keywords: Fences, mansoura; Vibrations; urban environment.

تمهيد:

تعتبر المعالم الأثرية وبقايا المواقع التاريخية أهم حلقة مادية بين ماضي الأمة وحاضرها، لما تحمله من معانٍ وخبرات تنم بصدق عمَّا كان سائداً في حياة الأسلاف قديماً، ولكي يصل فحوى ما تركوه وجب الحفاظ عليها، يبدو أن هذا الأمر أصبح أكثر من ضرورة في وقتنا الحالي لعدَّة اعتبارات تتمثل في ضعف الهيكل المعماري للمعالم الأثرية لبعد فترة ميلادها عن الفترة الحالية، واتساع الهوة بينها وبين المحيط الذي يلفها، إذ لم يعد هناك انسجام بينهما، للتغير الطارئ على النسق الحضاري عامةً في جميع الميادين، كل ذلك أدَّى لتعرض الموروث المادي الثابت لعدد من الأضرار، ولعل أبرزها الاهتزازات حيث تعمل موجاتها على بعث الضعف في المَعْلَم الأثري، ومن ثمَّ إسقاطه ليندثر تماماً، وذلك إذا تتابعت طيلة مدَّة زمنية معينة، وهو ما جعل هذا التأثير الخفي لا يُستهان به، بحكم تأثيره اللاَّرجعي، الأمر الذي عاينا وجوده بالموقع الأثري المنصورة.

1-الإطار المفاهيمي للدراسة:

تُعد الاهتزازات من بين الإفرازات الناتجة عن البيئة الحضرية المعاصرة التي كوَّنت محيطاً جديداً للشواهد الأثرية، لقد أدَّت إلى إتلاف القيمة الفنية والتاريخية للمعالم الأثرية وبقايا المواقع التاريخية، وتجدر الإشارة أننا سنتحدث في هذه الورقة البحثية عن الاهتزازات الناتجة عن العامل البشري، أمَّا الاهتزازات الناجمة عن العامل الطبيعي المتمثل في الزلازل فتلك ذات تأثير فوري وسريع مقارنة بالتي ذكرناها سابقاً.

1-أ ماهية الاهتزازات:

-لغةً:

يرجع الاشتقاق اللغوي لكلمة الاهتزازات من الفعل هَزَزَ، يُقال هزَّز الإبل حرَّكها، وماء هُزَهِزٌ أي جار وكثير، والهِزَّة بالكسر أي النشاط.[1]

-اصطلاحاً:

تُعرَّف أنها موجات ناتجة عن جسم متحرك، ولها وحدات قياسية تتمثل في مايلي:

-التردد(La Fréquence) الذي يعني عدد الموجات الناتجة عن حركة الاهتزازات في مكان معين ضمن فترة زمنية محدّدة(1ثانية)، وهو يقاس بوحدة الهرتز(Hz).

-ارتفاع وعمق الموجات(l'Amplitude):تنتج عن شدَّة الاهتزاز والزمن المستغرق للوصول إلى نقطة الاصطدام[2]، وعموماً تنقسم الاهتزازات إلى ثلاث أنواع تتمثل فيمايلي:

-الاهتزازات الدورية(Les Vibrations Périodiques):وهي عبارة عن موجات تتكرر بصفة منتظمة في فترات زمنية ثابتة لا تتغير، وهي تختلف فيما بينها من حيث التردد والتسارع.

-الاهتزازات الفجائية (Les Vibrations Aléatoires):وهي التي تحدث على حين غرَّة تمتاز بتعقدها وحدَّتها البالغة ،وكذا باختلاف تردد موجاتها وتسارعها.

-الاهتزازات المؤقتة(Les Vibrations Transitoire) أي التي تحدث في ظرف زمني وجيز من دون أن تترك أثراً بالغاً على المباني المحيطة بها.[3]

فيما يخص التسارع فهو مرادف لعملية الاهتزازات لجسم ما، وهو الذي يمكننا من تعيين مدى الاهتزازات، لأنه يعتبر المسافة بين نهايتين بارزتين في الحجم والقوة تبلغهما الحركة

---

[1]-مجد الدين محمد بن يعقوب الفيروز آبادي ،القاموس المحيط، تحقيق أنس محمد الشامي وزكريا جابر محمد، دار الحديث، القاهرة، 2008، ص16

[2]-Michel Le DÛ, Vibrations Chariots Automoteurs et TEP, essai d'évaluation des contraintes vibratoires liées à l'utilisation de chariots automoteurs et de transpalettes électriques portés(TEP)dans des activités liées aux plates-formes logistiques, www.lomagman .org,p:13

[3]-ibid,p:15-16

أو بعبارة أخرى الجال الواقع بين ذروتين متتاليتين الناتجة عن حركة الممتدة من نقطة مركزية إلى نقطة الانحراف الكبير وفق فترة وسرعة معينة واتجاه موحَّد، وحدة قياسه هي م/ثا^2، والجدير الذكر أن التسارع الذي تحدثه الجاذبية الأرضية تقدر بـ 9.81م/ثا^2[4] وفزيائياً يعتبر التسارع المشتقة الثانية للحركة على الزمن.

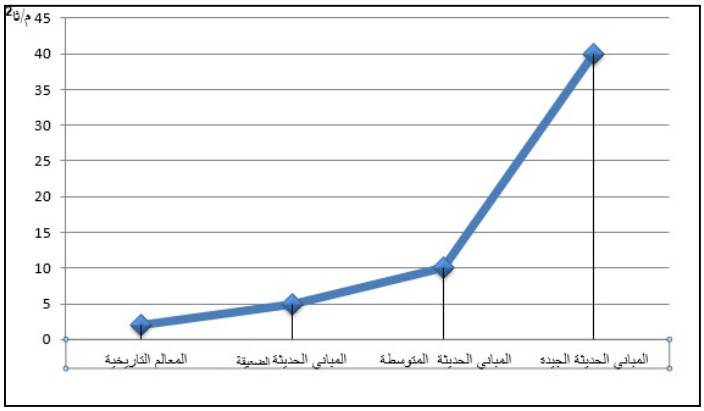
نوع المبنى	القيمة القصوى للتسارع الأفقي المنصوص عليه دولياً
المعالم التاريخية وأطلال المواقع الأثرية	0.002م/ثا^2
المباني الحديثة ذات وضعية رديئة	0.005م/ثا^2
المباني الحديثة ذات وضعية متوسطة	0.010م/ثا^2
المباني الحديثة ذات وضعية جيدة	مابين0.010م/ثا^2 و0.040م/ثا^2

الجدول رقم(01):يبين القيمة القصوى للتسارع المنصوص عليه في المعيار الدولي DIN 4150.عن:

Giorgio Torraca, Matériaux de Construction Poreux, science des matériaux pour la conservation architecturale, Traduction de l'original anglais par Colette di Matteo, ICCROM, Italie,1986, p:58

نوضّح ما ورد ذكره في الجدول السابق بالمنحنى البياني الآتي:

[4]-محمود إبراهيم ،الاهتزازات، ترجمة لفصول موسوعة الصحة والسلامة المهنية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية، ص:9-10، library.mas.ps



المنحنى البياني رقم(01):يبين حدود الأمان الخاصة بالمباني على اختلافها المنصوص عليها في المعيار الدولي DIN 4150.

يتضح من المعطيات الواردة في الجدول والمنحنى البياني أعلاه أن المباني ذات الصبغة التاريخية وبقايا أطلال المواقع الأثرية هي الأقل تحملاً لقوة الاهتزازات، إذ تقارب القيمة الخاصة بها حسب المعيار الدولي (DIN) 4150 الصفر، حيث لا يتعد تحملها تسارع 0.002م/ثا^2، أي أن مقاومتها الميكانيكية جدُّ ضعيفة لما يحيط بها، وهذا ناتج للمرونة الكبيرة واللدونة الضعيفة لمواد البناء الأصلية وضعف التركيبة الفزيائية والميكانيكية لمواد البناء، في حين نجد أن المحيط مملوء بالمؤثرات ذات التأثير القوي، وباعتبار هذه القيمة المتفق عليها من قبل المختصين صغيرة فإنَّ أية حركة بسيطة يمكن لها أن تحدث ضرراً على الموروث المادي الثابت في حالة إذا ما تكرَّرت بطبيعة الحالة، فلا يُعقل أن تتهاوى المعالم التاريخية وبقايا المواقع الأثرية بمجرد تعرضها لموجة اهتزازية واحدة ناتجة عن الحركة الآلية بتلك القيمة، وهو الأمر الذي دفع المختصين إلى تلقيب خطر الاهتزازات بالموت البطيئ، الأمر الذي يؤكد أهمية الزمن ودوره في قوة الموجات الاهتزازية وعدد تكرارها وتأثيرها.

لقد أُعيد مراجعة هذا المعيار الدولي سنة 2001، وقد ورد فيه اختلاف طفيف في تقدير حدود الأمان الخاصة بالمعالم التاريخية عما تمَّ نشره سابقاً، حيث جاء فيها أن قيمة التسارع التي تتأثر بها المباني التي تحمل صبغة تاريخية تبدأ عند 03مم/ثا^2، أما المباني

الحديثة فتتأثر بالاهتزازات عند بلوغها قيمة 20مم/ثا[2](5)، أي بمقدار 0.2% من قيمة تسارع الجاذبية الأرضية، ربما ذلك يعزى لاختلاف الأجهزة بعدما تطور أدائها.

1-ب نبذة تاريخية وأثرية عن الموقع الأثري المنصورة:

يوجد هذا الموقع الأثري على بُعد خمسة كيلومترات غرب مدينة تلمسان، تأسس على إثر الحصار الذي شنَّه المرينيون بقيادة أبي يعقوب يوسف على مدينة تلمسان الزيانية لمدّة تزيد عن الثمانية سنوات وذلك من سنة1299م إلى سنة1307م(6)، إصرار السلطان المريني في إخضاع المدينة كان وراء نقله الحكم من فاس إلى المحلة المنصورة التي سميت بهذا الاسم تيمنا بانتصاره على الزيانيين.

يبدو المظهر الخارجي لهذا الموقع ذي شكلٍ يقرب إلى المستطيل، يبلغ طوله 1300م، أما عرضه فيبلغ 750م(7)، يضم مساحةً تبلغ حوالي101هكتار.

الصورة رقم(01):تبين حدود الموقع الأثري المنصورة باللون الأحمر .عنgoogle earth .

5-Institut Bruxelloise de Gestion de L'environnement et de L'énergie de la région de Bruxelles-Capitale(IBGE),Les vibrations : Normes et Cadre Réglementaire en Région Bruxelloise, p :03,www. Document. environnement.brussels.com.Consulté le :08/10/2017

6-عبد الرحمن بن خلدون، ديوان المبتدأ والخبر في تاريخ العرب والبربر ومن عاصرهم من ذوي الشأن الأكبر، تحقيق سهيل زكار، ج07، دار الفكر، بيروت، 2000، ص :127

7-Abbé Bargés, Tlemcen Ancienne Capital du Royaume de Ce Nom, Imprimerie Oriental du Manus Nicolas, France,1859 ،p:250

يتضمن الموقع الأثري بقايا الأسوار ومئذنة الجامع، هذا الأخير الذي كان بمثابة آيةٍ في السَّعة والزخرفة، إذ أعتبر أحسن الجوامع التي شيدها المرينيون، وذلك لمزجه بين الأناقة الفنية والضخامة والمتانة في آنٍ واحد، كان سقف بيت الصلاة مرفوعاً على أعمدة مرمرية يفوق ارتفاعها العلو المألوف في بناء مثل هذه النماذج المعمارية، نُقشت بأحد الأعمدة ساعة شمسية، هي متواجدة بقاعة صلاة مسجد سيدي الحلوي، كل عمود من الأعمدة صنع من قطعة رخامية واحدة لوفرة المادَّة وجودتها وارتفاعها الكبير، و هو ما يعكس أيضاً مهارة المرينيين وحرص السلطان المريني آنذاك على جعل الجامع تحفة معمارية تنافس ما بناه الزيانيون.

يُقدَّر طول المسجد بـ85موعرضه60م وهو بذلك يعتبر أكبر الجوامع بعد جامع قلعة بني حماد من حيث المساحة في الفترة الوسيطة، وقد عثر فيه على العديد من المنجزات الفنية كقطع فخمة من العقيق وأعمدة وأحواض وضوء...إلخ[8]، تنتصب المئذنة في الجهة الشمالية الغربية من الجامع، جدرانها سمكية وعلوُّها شاهق يبلغ 40م، بالنسبة لتأمينها من الاعتداءات خاصة أنها كانت على مرمى حجر من مدينة تلمسان الزياني، قام أبو يعقوب يوسف ببناء حزام دفاعي من الأسوار الدفاعية من مادة الطابية التي كانت قاسماً مشتركاً بين حواضر المغرب الإسلامي.

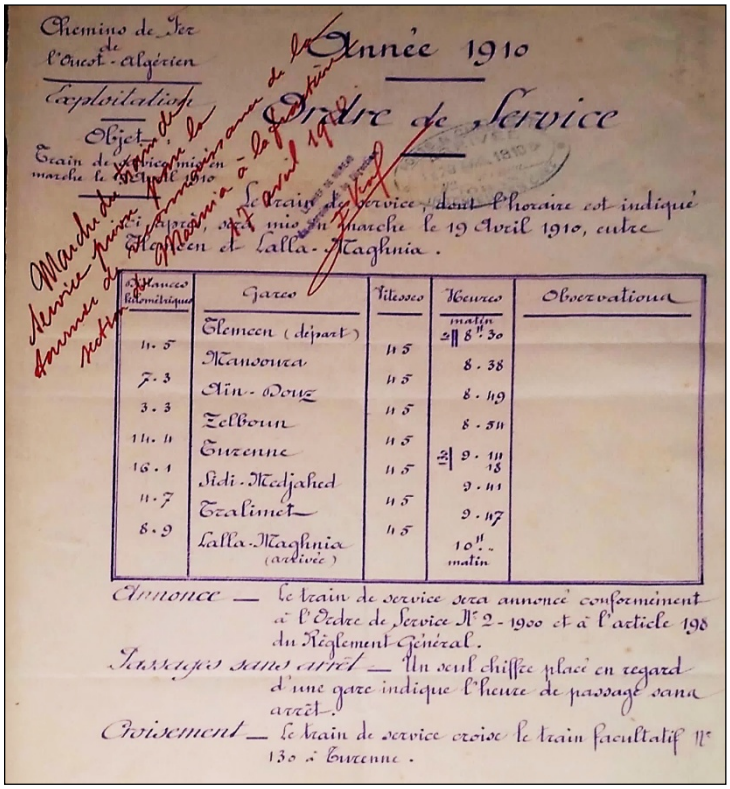
2-الجانب الميداني للدراسة:

أخذنا كعينة لدراسة تأثير الاهتزازات الناجمة عن حركة المرور الآلي على الموروث المادي السور الشمالي للموقع الأثري المنصورة، وذلك لقربه من خط السكة الحديدية التي تربط مدينة تلمسان بالحدود المغربية، وتجدر الإشارة أن هذا الخط أُنجز في الفترة الأولى لاحتلال فرنسا الجزائر، حيث يرجع تاريخ بداية عمله إلى 10أفريل 1910، حسب ما هو

---

[8]-Georges et William Marçais ,Les Monuments Arabes de Tlemcen, Editeurs Libraire des Ecoles Françaises d'Athènes et de Rome, du Collège de France et de L'école Normal Supérieure Paris,1903, p:216

مذكور في الأمر بالخدمة(Ordre de Service) الذي تحصَّلنا عليه من مصلحة الأرشيف لمديرية الأشغال العمومية لولاية تلمسان.



Chemins de Fer de l'Ouest-Algérien

Exploitation

Année 1910

Ordre de Service

Objet : Train de service mixte en marche le 19 Avril 1910

Le train de service dont l'horaire est indiqué ci-après, sera mis en marche le 19 Avril 1910, entre Tlemcen et Lalla-Maghnia.

Distances kilométriques	Gares	Vitesses	Heures	Observations
	Tlemcen (départ)		matin 2 8h 30	
11.5	Mansourah	11 5	8.38	
7.3	Ain-Ouaz	11 5	8.49	
3.3	Telboun	11 5	8.58	
11.11	Turenne	11 5		
16.1	Sidi-Medjahed	11 5	2 9.11 18	
11.7	Tzalimet	11 5	9.41	
8.9	Lalla-Maghnia (arrivée)	11 5	9.47	
			10h.. matin	

Annonce — le train de service sera annoncé conformément à l'Ordre de Service N° 2 - 1900 et à l'article 198 du Règlement Général.

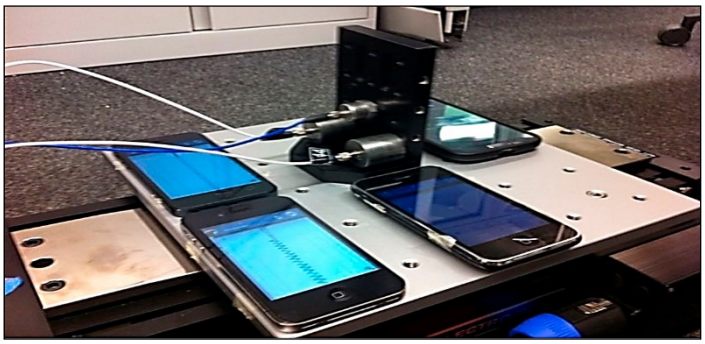
Passages sans arrêt — Un seul chiffre placé en regard d'une gare indique l'heure de passage sans arrêt.

Croisement — le train de service croise le train facultatif N° 130 à Turenne.

الصورة رقم(02):تبين تاريخ الأمر بالخدمة والبرنامج الزمني لخط السكة الحديدية المار بالموقع الأثري منصورة، عن: مديرية الأشغال العمومية لولاية تلمسان، الأرشيف ، علبة رقم 383، ملف رقم 898، الورقة 22.

حتى نقف على درجة قوة الاهتزازات ، اعتمدنا على كفاءة ودقة المعطيات التي أكدَّتها الدراسات الحديثة في مجال قياس الاهتزازات بواسطة الهاتف الذكي(Smartphone)، المجهَّز بشريحة خاصة تقيس تسارع الحركة تسمى أكسيلورومتر (Accéléromètre).

من بين تلك الدراسات نذكر على سبيل المثال لا الحصر ما قام به فريق بحث مكوَّن من ست مختصين في الإلكترونيك وتكنولوجيا الإعلام، حيث قاموا بتجارب على هاتف من نوع أيفون (IPHONE)للوقوف على حجم الاهتزازات التي تسبّبها حركة المركبات في أحد الجسور[9]، كما أشار فريق بحث آخر من جامعة كلومبيا إلى كفاءة عمل مستشعر اهتزازات الهواتف الذكية في سامسونج، وقد تمَّ الاستعانة بها للوقوف على حجم الاهتزازات في أحد جسور مدينة كلومبيا[10]، وذلك بعد النتائج الجيدة التي أظهرتها تجارب المخبر.



الصورة رقم(03):تبين تجربة مستشعر الاهتزازات الهواتف الذكية، عن:

Maria Feng, Yoshio Fukuda, Masato Mizuta, ekinOzer, Op.cit,p:2983

نفس الأمر أشار إليه متحف علم الزلازل الموجود بستارزبورغ في فرنسا، حيث ذكر في الموقع الخاص به أنه يمكن استعمال الهاتف الذكي المزود بشريحة أكسيلورومتر في تسجيل الموجات الاهتزازية.[11]

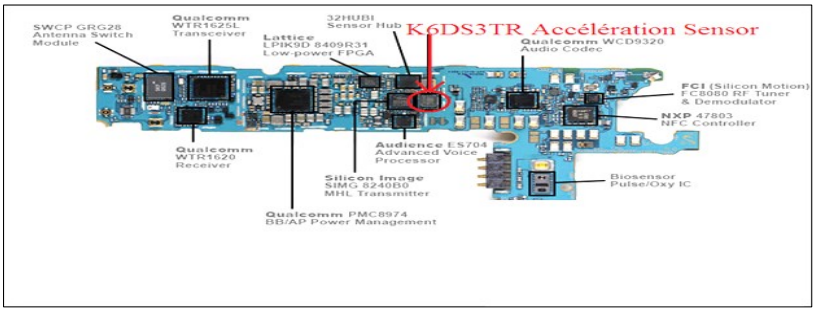
---

[9]-Yan Yu, Ruicong Han, Xuefeng Zahao, Xingquan Mao,weitong Hu ,Dn Jiao Mingchu Li , Jinping Ou, Initial validation of mobile-Structural Health Monithoring Method Using Smartphones, International Journal of Distributed Sensor Networks, Article ID 274391,Hindawi Publishing Corporation,China2015,p:09

[10]-Maria Feng, Yoshio Fukuda, Masato Mizuta, ekin Ozer, Citizen Sensors for SHM :Use of Accelerometer Data from Smartphones ,Journal Sensors, N°15,Department of civil Engineering and Mechanics Engineering ,Columbia University,2015,p:2991-2995

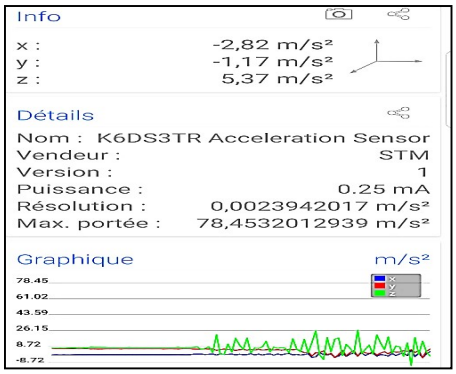
[11]-national.udppc.asso.fr

أمام هذه المعطيات استعنا بأحد الهواتف الذكية من نوع سامسونج جلاجسي س07 إيدج(Samsung Galaxy S7 Edge SM-G935F)الذي يحتوي على شريحة خاصة بقياس الاهتزازات اسمها (K6DS3TR Accélération Sensor)[12]، أنظر الصورة الآتية



الصورة رقم(04):تبين مستشعر الاهتزازات K6DS3TR لهاتف سامسونج جلاجسي S07 إيدج (M-G935F) عن:www.techinsights.com

وعن أهم ميزات عمل هذا المستشعر ، أنظر الصورة الاتية:



الصورة رقم(05):تبين الخصائص التقنية لمستشعر الاهتزازات لهاتف جلاجسي س7 إيدج-SM G935، عن: www.sensormultitool.com

[12]-صنعت هذه الشريحة من طرف الشركة الدولية لصناعة الأجهزة الإلكترونية الدقيقة (STM)، الكائن مقرها بجونيف في سويسرا.

يتضح من خلال المواصفات التقنية الخاصة بالمستشعر أن له كفاءة جيدة في أخذ القياسات الخاصة بالاهتزازات، بحيث أنه إذا كانت قوية يستطيع تسجيل قياسات تصل إلى 78.45م/ثا^2، وفي حالة إذا ما كانت ضعيفة فيستطيع تسجيل قياسات تصل إلى 0.002م/ثا^2، وهي قيمة تدل على ما مدى حساسية المستشعر.

عند توجهنا إلى الموقع الأثري، بالتحديد مقابل الجزء الشمالي الغربي من السور الشمالي القريب من سكة الحديد، قمنا باختيار ثلاثة نقاط أساسية مختلفة المسافة، وتجدر الإشارة إلى أن هذا السور يشهد حالياً مرور قطارين في اليوم الواحد بمعدَّل رحلتين لكل واحد منهما(ذهاب وإيَّاب)، أنظر الصورة الآتية:

الصورة رقم(06):تبين القطار القادم من مدينة مغنية نحو مدينة تلمسان مروراً بالسور الشمالي للموقع الأثري منصورة.

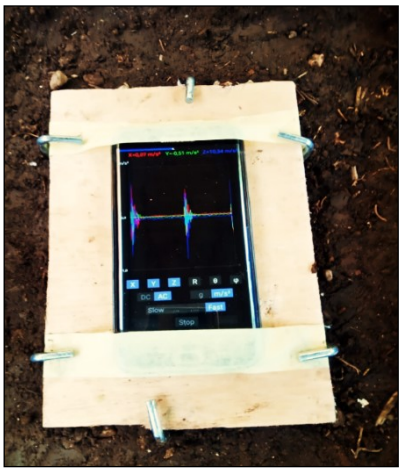
تقدَّر المسافة الفاصلة بين السكة الحديدية والسور الشمالي بحوالي26.90م، وبينها وبين الأبراج 22.70م، وأثناء العمل الميداني قمنا بتسجيل الاهتزازات في ثلاثة نقاط متباعدة فيما بينها على استقامة واحدة، وهي تتمثل فيمايلي:

-النقطة الأولى: تبعد بحوالي 01م عن سكة الحديد.

-النقطة الثانية: في المنتصف بين سكة الحديد وبين السور الأثري ، أي على بُعد 13.45م .

-النقطـة الثالثـة: عنـد السـور مباشـرةً، أي علـى بُعـد 27م عـن مصـدر الاهتزازات(سـكة الحديد)، ونشير هنا إلى أن هذه المسافة غير متساوية على طول مسار السور الشمالي، فتارة تتزايد وتارة أخرى تتناقص.

قبل مباشرة التسجيلات قمنا بتثبيت الهاتف مع الأرضية مباشرةً ، لتحتك معه الاهتزازات الناجمة عن حركة القطار، وقد استعنا بتطبيق أكسيلورومتر (Accéloro Meter) الإصدار رقم 1.32 الذي قامت بإنجازه وتطويه شركة "كاول سوفت"(keuwl soft) [13]، لتسجيل المعطيات ، أنظر الصورة الآتية:



الصورة رقم(07):تبين كيفية تثبيت الهاتف جلاجسي س7 إيدج(SM-G935)مع الأرضية، وتشغيل التطبيق (AccéloroMeter) الخاص بتسجيل الاهتزازات.

تجدر الإشارة إلى أن الاهتزازات تنقسم إلى ثلاثة محاور تتمثل في مايلي:

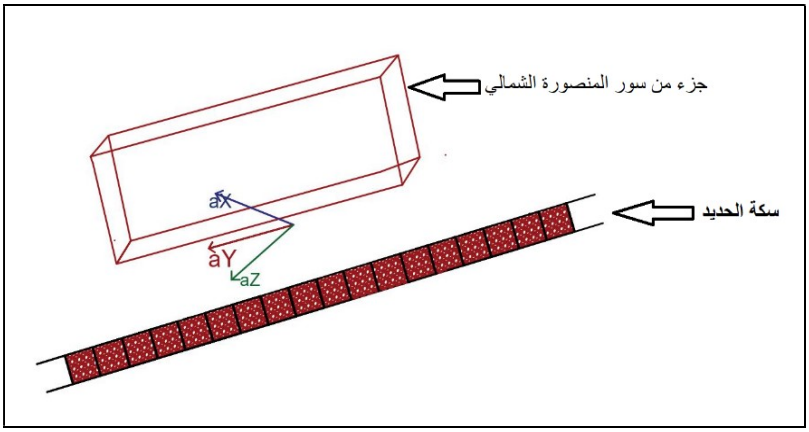
-المحور (X) :تتجه ذبذباته الاهتزازية من اليمين إلى اليسار.

-المحور (Y):تتجه ذبذباته من الأمام نحو الخلف.

-المحورZ)(:ذبذباته تتجه من الأسفل نحو الأعلى.

[13]-تختص شركة كاول سوفت keuwl soft في صناعة البرمجيات الإعلامية للقياسات باستعمال الهواتف الذكية، مقرها يوجد في العاصمة البريطانية لندن ، أنظر: www.keuwl.com

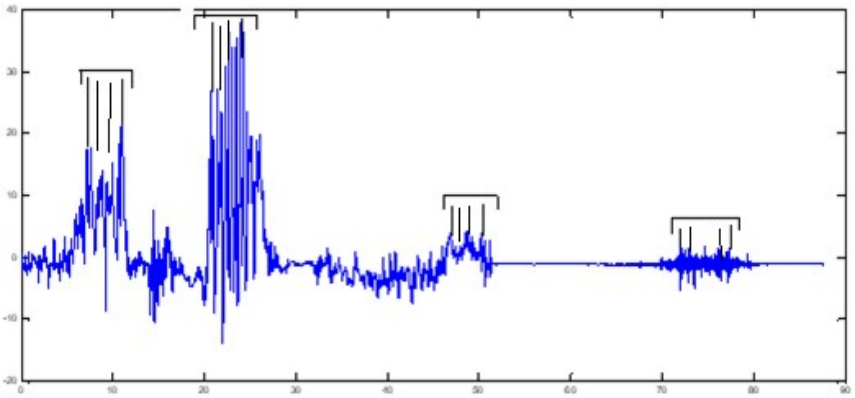
أي كلاً من المحورين (X) و(Y) لهما ذبذبات أفقية ، أما المحور (Z) فذبذباته عمودية، أنظر الصورة الآتية:



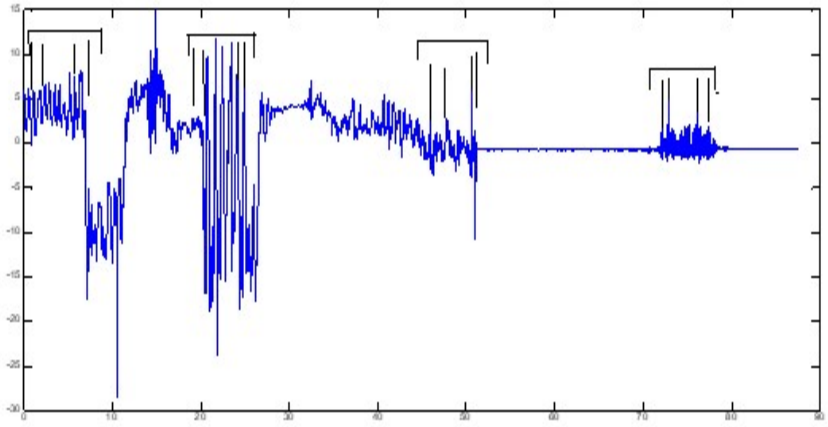
الشكل رقم(01):تبين الاتجاهات الخاصة بالموجات الاهتزازية.

وقد جاءت موجات الاهتزازات في نقاط التسجيل على النحو التالي :

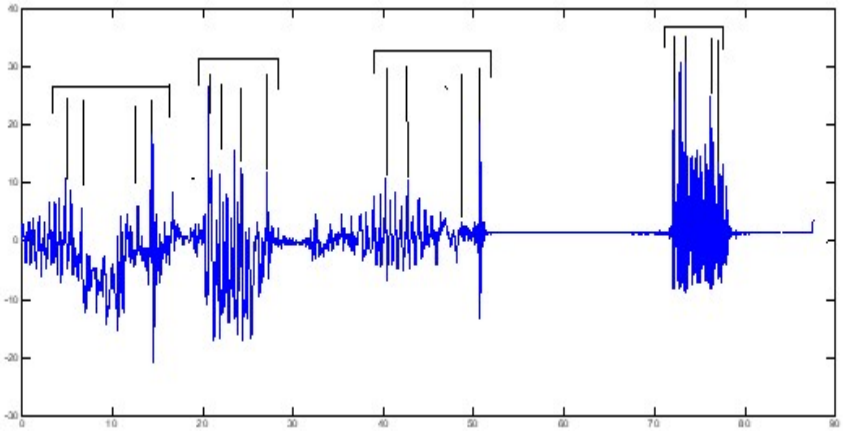
-النقطة الأولى (عند سكة الحديد):



المنحنى البياني رقم(01):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحورX عند سكة الحديد.

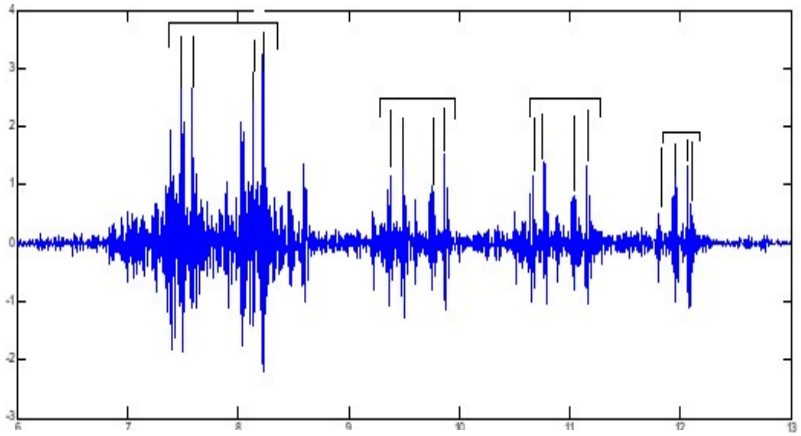


المنحنى البياني رقم(02):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحورY عند سكة الحديد.

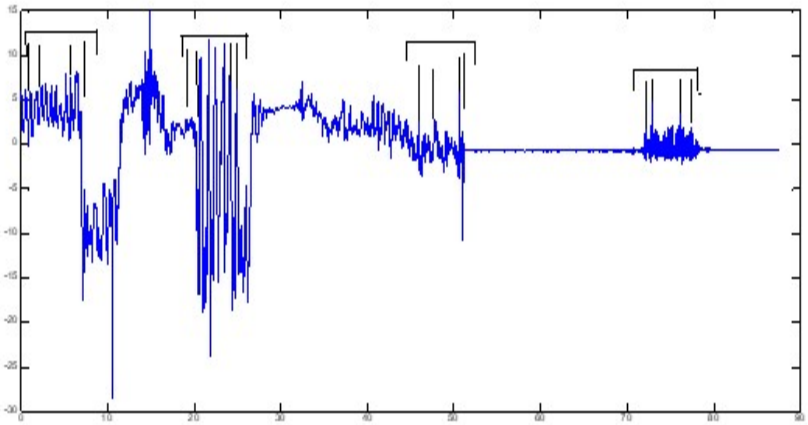


المنحنى البياني رقم(03):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحورZ عند سكة الحديد.

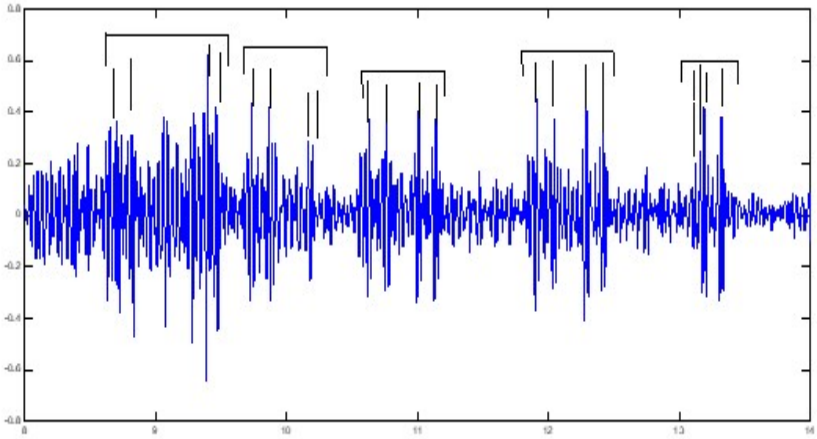
النقطة الثانية في المنتصف(بين السكة الحديدية والحائط):



المنحنى البياني رقم(04):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحور X في المنتصف.

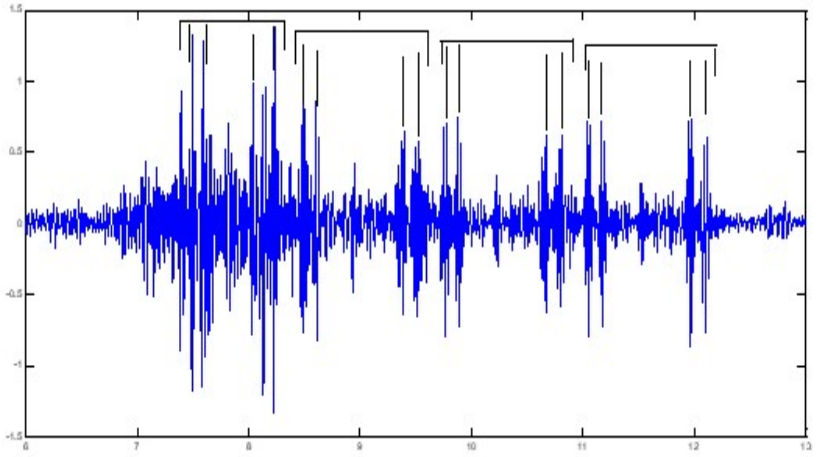


المنحنى البياني رقم(05):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحور Y في المنتصف.

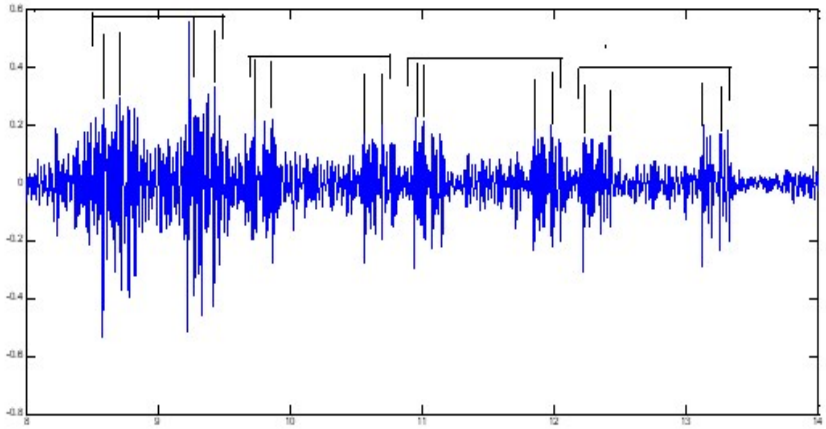


المنحنى البياني رقم(06):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحور Z في المنتصف.

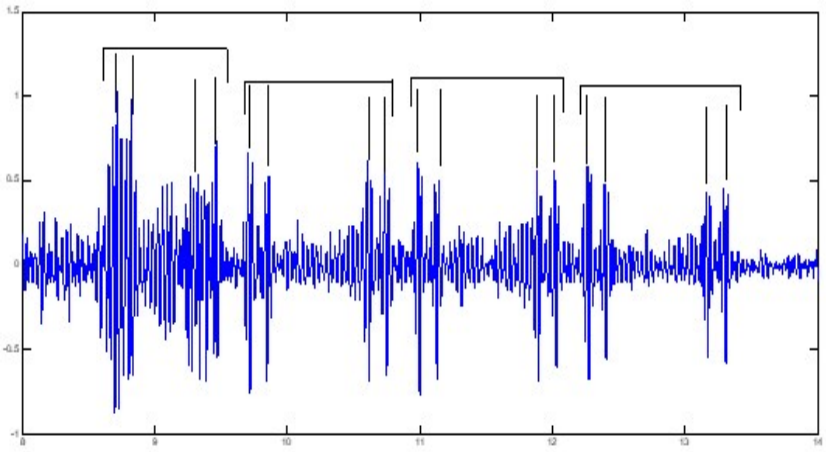
النقطة الثالثة (عند الحائط):



المنحنى البياني رقم(07):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحور X عند الحائط.



المنحنى البياني رقم(08):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحور Y عند الحائط.



المنحنى البياني رقم(09):يبين تسارع الاهتزازات الخاص بالمحور Z عند الحائط.

قبل تفسير ما جاء في المنحنيات البيانية أعلاه، نود أن نشير أن حركة القطار تتكرر يومياً وبمعدَّل ثمان مرات، بين رحلات لنقل المسافرين وأخرى لنقل البضائع، وما يتضح من هذه المنحنيات أن حركة القطار أنتجت اهتزازات وفق لثلاث محاور تختلف في حدَّة التسارع، سواءً الخاصة بمحور(X) أو محور (Y) الأفقي أو محور (Z)العمودي، وذلك نتيجة اختلاف النقاط التي تمَّ فيها تسجيل الاهتزازات، وهذا ما يؤكد دور المسافة الفاصلة في التخفيف أو الزيادة من حدّة الموجات الاهتزازية.

وبعد الوقوف على مسار المحاور السالفة الذكر، تبين لنا أنَّ الموجات التي ينجَّر عنها ضرر ميكانيكي على السور هي التي تنبعث عن الحركة الآلية وفق المحور الأفقي(X) والمحور العمودي (Z)، أما المحور(Y) فلا تشكل موجاته خطراً على السور لأنها تنتشر في القشرة السطحية من اليمين نحو اليسار، أي موازياً للسور، وحتى إن كانت موجات محور (X)تنبعث هي الأخرى بشكل موازي، إلاَّ أن مسارها من الأمام نحو الخلف جعلها تصطدم بالسور عموديا له مكونة بذلك ضربات متتالية له.

في مايلي عرض مفصَّل عن كلٍّ من موجة محور(X) و(Z)، لأنه تبيَّن حسب المعاينة الميدانية أنهما المتسببتان في الضرر الميكانيكي الذي اعترى السور الشمالي لمدينة المنصورة المرينية.

أ-موجات محور (X):

نظراً لحركة هذه الموجة من الأمام نحو الخلف، جاء مساره متعامدًا مع الجدار، الأمر الذي أدَّي إلى زعزعة بنية الجدار، لذلك يمكن القول أنها الأكثر تكويناً للضرر الميكانيكي، في حالة وجود معلم تاريخي يقف موازياً لها كبقايا السور الشمالي للموقع الأثري المنصورة لأن القطار يدفعها بشكلٍ عمودي نحو الأمام، لتخترق بذلك الهيكل البنائي للسور الأثري محدثة عليه قوةً مُفقدةً للتوازن(Force Déstabilisatrice)، تُضعف تماسك مادة بنائه المتمثلة في الطابيا(pisé) التي تعتبر المادة البنائية الأكثر استعمالاً في الحوض الغربي للبحر الأبيض المتوسط، تسبَّبت حدوث الشروخ ثم ترجع إلى مصدرها أي القطار، وهكذا دواليك، وهي تتكرر مرتين في اليوم الواحد طيلة الأسبوع، وذلك منذ عدَّة سنوات، وبعد تفحص قيمة التسارع لمحور (X) في المنحنى البياني الخاص به عند النقطة الأولى(قرب السكة الحديدية)تبين أنها وصلت إلى حوالي 38م/ثا^2 كأقصى حدٍ لها، أي حوالي أربع مرات تسارع الجاذبية المقدّرة بـ(9.81م/ثا^2=g)، وهو ما يعني أنه إذا كان السور الأثري ملاصقاً لسكة الحديد فإنه سيُدفَع إلى الأمام بقوة تقدَّر بحوالي أربع مرات ضعف كتلته.

وبعد انتقالنا إلى النقطة الثانية أي على بُعد 13.45م من سكة الحديد، وجدنا أن قيمة تسارع محور(X) تناقصت بشكل ملحوظ لتصل إلى حوالي 3.9م/ثا^2، ونفس الشيء عند انتقالنا إلى النقطة الثالثة، أي على بُعد27م من سكة الحديد، زادت قيمتها في التناقص لتصل إلى حوالي 0.61م/ثا^2.

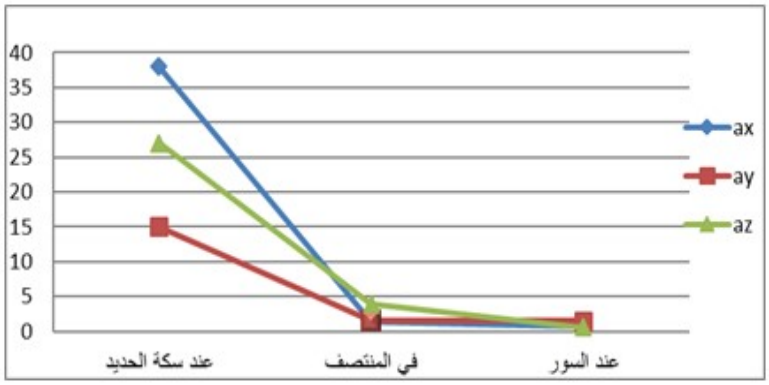
ب-موجات محور(Z):

تعتبر هذه الموجات خطرة على الموروث المادي الثابت لمسارها العمودي كما ذكرنا ذلك سابقاً، حيث تتولد عنها قوة مُفقدةً للتوازن (Force Déstabilisatrice) تشترك فيها مع الموجات الاهتزازية لمحور(X)، وقد تحدّدت قيمة هذه الموجات بالقرب من سكة الحديد عند27م/ثا^2 لتنخفض إلى 3.9م/ثا^2 في المنتصف، ثم إلى 0.59م/ثا^2 بالقرب من الحائط، نفس الأمر حدث مع الموجات الاهتزازية المتحركة وفق المحور(Y)، ولكن إذا ما قارناه مع قيمة المحور(X) و(Z)عند الجدار نجدها هي الأكبر، إذ وصلت إلى حدود 1.5 م/ثا^2، لأن مسار محور (Y) موازي لسور المنصورة لكن تأثيره ضئيل جداً، حيث أخذت هي الأخرى في التناقص كلما ابتعدت عن مصدر الاهتزازات، ولتوضيح الصورة جيدة نقدِّم الجدول والمنحنى البياني الآتيين:

	التسارع(Accélération)		
قيمة التسارع / نقطة التسجيل	قيمة التسارع القصوى لمحور X	قيمة التسارع القصوى لمحور Y	قيمة التسارع القصوى لمحور Z
عند سكة الحديد(على بُعد 01م منها).	38م/ثا^2	15م/ثا^2	27 م/ثا^2
في المنتصف(بين سكة الحديد والسور).	1.3م/ثا^2	1.55م/ثا^2	3.9م/ثا^2
عند السور (على بُعد27م عن سكة الحديد).	0.65م/ثا^2	1.5م/ثا^2	0.60م/ثا^2

الجدول رقم(01):يبين قيم التسارع القصوى الخاصة بالموجات الاهتزازية (Z,Y,X) الناتجة عن حركة مرور القطار عند نقاط التسجيل.

ونوضِّح ما ورد في الجدول أعلاه بالمنحنى البياني الآتي:



المنحنى البياني رقم(10):يبين مسار الموجات الاهتزازية (Z,Y,X) في عند نقاط التسجيل.

من خلال جميع ما تمَّ تقديمه سالفاً عن الموجات الاهتزازية المنبعثة عن حركة القطار بالقرب من السور الشمالي للموقع الأثري المنصورة، يتضح جلياً أن لعملية التنمية الحضرية تأثير واضح على الموروث المادي، إذ يعتبر مشروع السِّكة الحديدية واحد من أوجهها المتعددة التي تساهم في تنمية وترقية المجال الحضري لتوفير متطلبات فئة معينة من المجتمع، وهو بذلك أحد الأوجه البارزة للتنمية الحضرية، وينحصر تأثيرها أساساً من في هذا النوع من المشاريع في حدوث اهتزازات من النوع الأول أي الدورية وقد تسبَّبت في تشقق وتصدع جدران المعالم التاريخية وأطلال المواقع الأثرية و وجدنا أنه يتفق مع ما حدَّده المختصون من المعهد الألماني لتوحيد القياسي الدولي الكائن بمدينة برلين DIN4150، الذي تمت إليه الإشارة سابقاً، حيث تبين أنَّ القيم المتحصَّل عليها للمحاور الثلاث (Z,Y,X) في تسجيل الاهتزازات عند السور قد تجاوزت القيمة التي تتحملها المعالم الأثرية وأطلال المواقع التاريخية، والتي حُـدِّدت بـ **0.02**م/ثا^2، حيث وصلت أصغر قيمة قصوى عند **0.60**م/ثا^2 في محور الموجات العمودية(Z) بمحاذاة السور، أي قرابة ثلاثين ضعف القيمة الموصى بها من قبل المختصين، وعند إجراء عملية حسابية وجدنا أن تناقص تسارع الاهتزازات كان بحوالي

تسعة مرات عند المنتصف، وحوالي 62 مرَّة عند السور الأثري، وهو ما يبرز دور الطبقة الأرضية الفاصلة بين السكة الحديدية والسور الشمالي في إضعاف حدّة تأثير الاهتزازات.

وجدنا عند معاينتنا الميدانية عدَّة شقوق وتصدعات على مستوى الجزء العلوي من سورِ وأبراجِ الموقع الأثري، وهو ما يؤكد أن خطر السقوط سيحصل في يوم من الأيام إذا لم تؤخذ احتياطات خاصة، كما يؤكد أيضاً صحَّة ما أشار إليه المختصين حول القيمة الموصى بها، وقد جاءت تلك الشروخ بشكل عمودي تمتد من الأعلى نحو الأسفل بطولٍ يتراوح ما بين 1.50م و2م، في حين يتراوح عرض فجوة الشق ما بين 5سم و7سم، وقد عاينا ذلك على طول السور الشمالي، وأيضاً على بقية الأجزاء الأخرى في السور الجنوبي والغربي والشرقي، وكان أكثر وجود لها دائماً عند النقاط القريبة من المحاور الرئيسية التي تعرف حركة مرورية آلية نشيطة، مثل مدخل الطريق الوطني رقم 07 ومخرجه من الموقع الأثري، وعلى مستوى السور الجنوبي الذي تمر بجواره أحد الطرق المؤدية إلى نواحي مدينة تلمسان(بني بوبلان)، ونقدم عينة عن تلك الشقوق:

الصورة رقم(08):تبين عينات من شروخ وتشققات ناتجة عن الاهتزازات بمختلف الأماكن من السور الشمالي للموقع الأثري للمنصورة.

ولاحظنا من القيم المتحصَّل عليها في التسجيلات، ومن المنحنى البياني السابق رقم (10) أن تسارع الاهتزازات يتناسب تناسباً عكسياً مع المسافة، فكلَّما تناقصت هذه الأخيرة زادت قوَّة الاهتزازات، وبالتالي زادت حدَّة تأثيرها ،وإذا زادت المسافة قلَّة قوَّة الاهتزازات وخفَّ تأثيرها، ولكن بالرغم من ذلك يؤدي تكرارها يومياً إلى حدوث الشقوق التي تَتَّأتى عن تعب مواد البناء على المدى الطويل، لأنها ستُحدث تأثير التعب (Effet de Fatigue) على المبنى ،فتضعفه شيئاً فشيء إلى أن يسقط تماماً، ومن تمَّ انهيار المعلم التاريخي إمَّا جزئياً أو كلياً.

هذا الأمر هو الذي لقَّب الاهتزازات المتكررة بالموت البطيئ، وتجدر الإشارة إلى أنه هناك عامل آخر له تأثير على قيم التسارع يتمثل في طبيعة التربة، فقد تبيّن أنَّ لتربة المكان الذي قمنا فيه بتسجيل تسارع الاهتزازات تركيبة متماسكة وصلبة، وذلك حسب ما أفادنا به مخبر الأشغال العمومية للغرب (LTPO)، وقد تبيّن لهم ذلك من خلال أعمال السبر الجزري المنجز من طرفهم قبل مباشرة أشغال النفق الأرضي الرابط بين حي إيمامة وحي ماخوخ، والذي لا يبعد عن الموقع الأثري المنصورة إلاَّ حوالي 2.50م [14]، ولكن بالرغم من ذلك يؤدي تكرارها يومياً إلى حدوث الشقوق وتضرر السور الدِّفاعي، ومن تمَّ انهيار المعلم التاريخي كلية، لأنها ستحدث تأثير التعب(Effet de Fatigue)على المبنى فتضعفه شيئاً فشيء إلى أن يسقط تماماً، كما ذكرنا ذلك سالفاً.

ونشير إلى أن هناك معياراً علميا آخر يسمى بـ(ISO/TC/108/SG-2)، محدَّد من طرف المعهد الألماني لتوحيد القياسي الدولي الموجود بمدينة برلين، وهو خاص بقياس وتقييم الاهتزاز الميكانيكي وصدماته الناتجة عن الآلات والمركبات، وفقاً للقيمة القصوى لمجموع المحاور الاهتزازية (Z,Y,X) وجاءت المعايير والأضرار المتفق عليها محدَّدة على النحو الآتي:

[14]-مقابلة شفوية مع السيدة عشاشرة رئيسة القسم التقني بمخبر الأشغال العمومية للغرب الجزائري بتلمسان(LTPO)، يوم: 18أفريل2017 على الساعة 10 صباحاً.

مجمـوع القـيم القصـوى لمحاور (Z,Y,X)	الضرر الميكانيكي الناتج
من 3م/ثا^2 إلى 5م/ثا^2	شـقوق خفيفـة لا تظهـر جيـداً بوضـوح علـى الجـدران والطلاء.
من 5 م/ثا^{2}إلى 30م/ثا^2	شـقوق تظهـر بوضـوح، وتعتـري العناصـر الأساسـية كالأعمدة.
من 30م/ثا^2 إلى 100م/ثا^2	شقوق كبيرة جداً يصاحبها ضعف في هيكل المبنى.

الجدول رقم(02):يوضح المعيار (ISO/TC/108/SG-2) المحدَّد للقيم القصوى لمحاور الاهتزاز والضرر الناتج عنها، عن:Georgio Torraca,Op.cit,p:60

مـن خـلال حسـاب مجمـوع القـيم القصـوى المتحصَّـل عليهـا مـن تسـجيلات كـل محـور (Z,Y,X) بالمعادلة الرياضية التي أدلى بها جيورجيو توراكا كالآتي:

$$\sqrt{X_{\text{تسارع محور}}^{2} + Y_{\text{محورتسارع}}^{2} + Y_{\text{تسارع محور}}^{2}} \quad (15)$$

يتضح أنَّ تسارع الاهتزاز المسجَّل عند السكة الحديد يتماشى مع القيم المذكورة في الخانة الـثالثة مـن الجـدول، فقد وصـلت إلى حـدود 48م/ثا^2، وعليـه يمكـن القـول أنهـا سـتكون شـديدة الوقـع على السـور إن كان بـالقرب منهـا، أمـا تسـارع اهتـزاز الـنقطة الوسـطى فجـاء موافقـاً لقـيم الخانـة الثانيـة مـن الجـدول مـع فـارق بسـيط، حيـث وصـلت إلـى حـدود 4.39م/ثـا^2، وفيمـا يخـص النقطـة الثالثـة، أي القريبـة مـن السـور، فقـد وصـلت إلـى

15-Georgio Torraca,Op.cit,p:60

1.74م/ثا^2، وهي أصغر بحوالي النصف من الحد الأدنى المشار إليه في الخانة الأولى من الجدول.

وممَّا لاشك فيه أن الخط الجديد شرق غرب الذي سيمر في نفس مسار الخط القديم عند دخوله مدينة تلمسان، أي بالقرب من السور الشمالي للموقع الأثري المنصورة سيضاعف لا محالة من حدَّة التأثير لزيادة وزنه وسرعته وعدد تكراره في اليوم، إذ ستكون له قاطرات أكبر حجماً وأكثر عدداً من قاطرات القطار الحالي وأيضاً سرعة أكبر، حيث تقدَّر بـ220كم/سا، ممَّا سيزيد من كتلته، وبالتالي من شدَّة قوة تأثيره وعليه ستتغير القيم السالفة الذكر، وسيعود ذلك بالسِّلب على السور الدِّفاعي الذي أُنجز من طرف المرنيين بسمك يصل إلى المتر ونصف ليقاوم ضربات مناجيق الزيانيين، وبالرغم من نجاحه في ذلك وبقائه ماثلا للعيان إلاَّ أنه لم يستطيع تحمل وطأة شدّة الاهتزازات وستختفي بقاياه في يوم من الأيام إذا لم تؤخذ الاحتياطات اللاَّزمة.

3-مقترح المعالجة:

الاهتزازات عاملٌ خفي من عوامل اندثار الأثار، دائمة الحركة بشكل متواصل، من دون أن ننتبه لوجودها، لكن المعالم الأثرية تعاني من تأثيراتها، ولذلك حاولنا من خلال هذه الورقة البحثية إماطة اللثام عنها لأخذها بعين الاعتبار إما في أعمال الصيانة والترميم أو لوقاية التراث المادي مستقبلاً من تداعيات وجودها، وهو الأمر الذي يعاني منه الموقع الأثري المنصورة، فقد تعرَّض لخطر الاهتزازات، وتساقطت منه أجزاء معتبر بطبيعة الحال بمعية عوامل أخرى، واعترته عدَّة شروخ طولية، وهو معرَّض مستقبلاً لخطرها لأن حركة القطار لازالت متواصلة، وإن تمَّ تمرير خط السكة الحديدية شرق غرب(LGV) مستقبلاً فسيتضاعف حجم الكارثة، وعليه نقترح إعادة النظر في هذا الأمر.

من جملة الطرق التي تكفل ردع هذا الخطر، نقترح إنشاء مصاطب ترابية بشكل طولي يتراوح سمكها ما بين 1.5م و2.5م، حتى تمنع مرور الموجات الاهتزازية، توصلنا إلى هذا الحل، بعد قيامنا بمعاينة مكان تساقط أجزاء من السور وحدوث الشروخ والتشققات عقب عدَّة زيارات، تبيَّن لنا أن مكان الضرر الميكانيكي هو الذي لا يوجد فيه المرتفع الترابي ويكون ملاصقاً لسكة الحديد بشكلٍ موازي من دون أي حاجز، أما النقطة وجود

مرتفع ترابي فقد خلى إلى حدٍّ كبير من الشروخ والشقوق، وقد قمنا بإجراء قياسات للاهتزازات فوق المرتفع الترابي، نوضحها في الجدول الآتي:

المحور	القيمة القصوى للتسارع
محور (X)	0.022م/ثا^2
محور (Y)	0.042م/ثا^2
محور (Z)	0.039م/ثا^2

الجدول رقم(03):يبين القيم القصوى لتسارع الاهتزازات المسجَّلة فوق المرتفع الترابي.

يتضح جليا من المعطيات الواردة في الجدول اعلاه ان القيم القصوى للاهتزازات ضعيفة مقارنة بالقيم التي سجلناها بين سكة الحديد والجدار، وحتى عند سور الموقع الأثري ،أي على بُعد 27م، حيث بلغت عنده كما ذكرنا ذلك سالفاً القيمة القصوى لمحور (X) عنده 0.65م/ثا^2، أما محور (Y)فقد وصلت قيمته القصوى 1.5 م/ثا^{2}وبالنسبة لمحور (Z) فقد وصلت إلى 0.60م/ثا^2، هذا ما يؤكد أنَّ المرتفع الترابي قدَّم دوراً في إيقاف موجات الاهتزازات ،وعمل على الحدِّ من تأثيرها إلى درجة أنَّ قيمها أصبحت أقل من القيم المسجلة على بُعد27م من سكة الحديد.

الصورة رقم(09):تبين طبوغرافية موقع السور الشمالي ومكان المرتفع الترابي الذي يفصله عن سكة الحديد.

الخاتمة: حاولنا من خلال هذه الورقة البحثية إماطة اللثام عن واحد من التأثيرات الناجمة عن الطموح اللاَّمتناهي للإنسان في حياة أفضل على الموروث المادي التابث، والمتمثل في تأثير الاهتزازات الناجمة عن حركة وسائل النقل الثقيلة والمتوسطة، نظراً لحجم ضررها اتفق المختصون على تلقيبها بالموت البطيئ، فهي تؤدي إلى حذف المعالم التاريخية من قاموس الوجود كلية بعد فترة زمنية طويلة، وقد وجدنا ذلك مجسداً في عينة الدراسة حيث انهار بسببها الجزء الأكبر من السور الشمالي للموقع الأثري المنصورة، و ما تبقى يتضمن عدداً من الشروخ والتصدعات الطولية كما رأينا ذلك في الصور السالفة الذكر وتجدر الإشارة أن القيم المتحصل عليها هي حصيلة الأعمال التجريبية المقامة في الميدان وأن شدَّة التسارع الكلي على الجدار قد تزيد أو تنقص عن هذه القيم، وذلك حسب بُعد السكة الحديدية عن السور الأثري من جهة، ومن جهة أخرى، وفقاً للخواص الميكانيكية والفزيائية لأرضية الموقع الأثري.

يتطلب هذا الوضع تدخلا استعجالياً من طرف الجهة الوصية، للحيلولة دون ضياع ما تبقى من هذا الأثر إلى الأبد، مع العلم أن الموروث المادي على اختلافه لم يعد مجرد كتلٍ ترابية، فقد أصبح مورداً هام في دفع عجلة الاقتصاد الوطني، ومرجعاً أساسياً للهوية والوحدة.

-قائمة المصادر:

-عبد الرحمن بن خلدون ،ديوان المبتدأ والخبر في تاريخ العرب والبربر ومن عاصرهم من ذوي الشأن الأكبر، تحقيق سهيل زكار، ج07، دار الفكر، بيروت، 2000.

-مجد الدين محمد بن يعقوب الفيروز آبادي ،القاموس المحيط، تحقيق أنس محمد الشامي وزكريا جابر محمد، دار الحديث، القاهرة، 2008.

-قائمة المراجع:

-محمود إبراهيم ،الاهتزازات، ترجمة لفصول موسوعة الصحة والسلامة المهنية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية.

-Abbé Bargés, Tlemcen Ancienne Capital du Royaume de Ce Nom, Imprimerie Oriental du Manus Nicolas,France,1859.

-Giorgio Torraca, Matériaux de Construction Poreux, science des matériaux pour la conservation architecturale, Traduction de l'original anglais par Colette di Matteo,ICCROM,Italie,1986.

-Georges et William Marçais, Les Monuments Arabes de Tlemcen Editeurs Libraire des Ecoles Françaises d'Athènes et de Rome, du Collège de France et de L'école Normal SupérieureParis,1903.

-Institut Bruxellois de Gestion de L'environnement et de L'énergie de la région de Bruxelles-Capitale(IBGE),Les vibrations: Normes et Cadre Réglementaire en Région Bruxelloise.

-Michel Le DÛ, Vibrations, Chariots Automoteurs et TEP, essai d'évaluation des contraintes vibratoires liées à l'utilisation de chariots automoteurs et de transpalettes électriques portés(TEP)dans des activités liées aux plates-formes logistiques.

-Maria Feng, Yoshio Fukuda ,Masato Mizuta, ekin Ozer, Citizen Sensors for SHM : Use of Accelerometer Data from Smartphones ,Journal Sensors, N ˚15,Department of civil Engineering and Mechanics Engineering ,Columbia University,2015.

-Yan Yu, Ruicong Han, XuefengZahao , Xingquan Mao, weitong Hu, Dong Jiao Mingchu Li, Jinping Ou, Initial validation of mobile-Structural Health Monithoring Method Using Smartphones, International Journal of Distributed Sensor Networks ,Article ID 274391,Hindawi Publishing Corporation,China2015.