



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
معهد الصيانة و الأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de sécurité industrielle et environnement  
**MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière :** Hygiène et Sécurité industrielle  
**Spécialité :** sécurité Prévention intervention

**Thème**

Amélioration d'un équipement de protection individuel

Présenté et soutenu publiquement par :

AMRANI Souad  
AMMAR Dounia

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr BOUHAFS Mohamed	MCA	IMSI	Président
Mr LALAOUI Mohamed El Amine	MAA	IMSI	Encadrant
Mr TAHRAOUI Mohamed	MAA	IMSI	Examineur

Année 2022/2023

## Remerciements

Chers tous,

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Allah, qui a guidé nos vies et nous a donné la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien notre projet de fin d'études. Sa lumière et sa grâce ont été nos compagnons tout au long de ce voyage, et nous lui en sommes reconnaissants.

Tout d'abord, on souhaite remercier notre encadrant Monsieur LALAOUI Mohammed Amine durant cette aventure académique. Votre expertise, vos encouragements et votre soutien constant ont été essentiels pour donner forme à ce mémoire. Vos précieux conseils ont éclairé notre chemin vers la réussite.

On tient également à remercier nos professeurs et enseignants pour leur dévouement à l'éducation. Vos cours inspirants et votre passion pour le savoir ont été une source constante d'inspiration.

On souviendra toujours de la patience et de l'appui inestimable de nos familles. Nous sommes tellement reconnaissantes pour leurs encouragements dans nos choix, leurs confiances en nous pendant tous notre parcours et leurs amour inconditionnel ont été un moteur puissant qui nous a aidés à surmonter les défis et à réaliser nos objectifs.

Enfin, nous aimerions exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de notre projet. Votre soutien moral, vos conseils précieux et votre présence bienveillante ont été d'une valeur inestimable, et nous vous sommes profondément reconnaissants pour tout.

Que cette expression de gratitude sincère atteigne chacun d'entre vous et soit le témoignage de notre reconnaissance éternelle. Puissent nos réussites futures être le reflet de votre soutien infaillible et de votre foi en nous.

Que Allah vous bénisse tous.

Cordialement,

## *Dédicace*

*En achevant ce travail de fin d'étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers les personnes qui ont contribué à mon parcours académique et personnel. Ces mots de dédicace sont un témoignage de reconnaissance envers ceux qui ont eu un impact significatif sur ma vie et sur la réalisation de ce travail.*

*À mon cher père et ma merveilleuse mère, dont l'amour et le soutien constants ont été la pierre angulaire de ma réussite. Vous m'avez inculqué des valeurs inestimables et avez toujours été mes plus grands supporters. Je vous suis très reconnaissant de votre confiance et de vos encouragements à l'égard de tous mes choix en cours de route.*

*À ma seule et unique sœur Kahina, ma confidente et ma meilleure amie, qui était là et qui a partagé chaque étape de ma vie. Merci de votre présence constante durant tous mes succès et mes échecs, et de vos conseils si précieux à mes yeux. Nous avons partagé tant de moments particuliers ensemble, et ce travail est dédié à notre lien sans faille.*

*À mon cher et unique frère Massinissa, qui a toujours su comment me taquiner et me faire sourire depuis ma naissance. Nos souvenirs d'enfance resteront gravés dans ma mémoire. À la mémoire de ma grand-mère maternelle Rezika, qui nous a quittés trop tôt. Je te souhaite d'apprécier ce geste humble de ta petite fille, tu as occupé une place importante dans ma vie. Elle a toujours cru en moi et m'a fait porter le chapeau. Ce projet final, je te le dédie en particulier, à tous ces moments inoubliables que j'ai partagés avec toi Setti.*

*À ma petite nièce Lyly, qui m'inspire chaque jour par sa curiosité et sa joie de vivre. Ton innocence est un rappel de la beauté du monde.*

*À ma meilleure amie et binôme Dounia, dont la collaboration a été essentielle pour la réalisation de ce travail. Ton expertise et ton dévouement à l'excellence sont inestimables. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour le voyage exceptionnel que nous avons entrepris ensemble au cours de ces dernières années. Notre partenariat a été bien plus qu'une simple collaboration ; il a été une expérience enrichissante et transformative que je chérirai toujours.*

*À mon meilleur ami Sid Ahmed, dont la distance géographique n'a jamais émoussé notre amitié. Tu es une présence constante dans mon cœur.*

*À tous mes autres amis "es", qui ont apporté de la couleur à ma vie et qui ont partagé des moments précieux. Vos rires, vos encouragements et votre amitié ont enrichi mon parcours. À travers cette dédicace, je souhaite exprimer ma gratitude pour tout ce que vous avez fait. Votre influence positive a façonné ma trajectoire, et ce mémoire porte l'empreinte de votre impact.*

*Que cette dédicace serve de témoignage de ma reconnaissance et de mon respect profond pour vous. Vous êtes une source d'inspiration inestimable, et je suis honorée de vous avoir dans ma vie.*

*Avec une gratitude profonde,*

*Souad*

## *Dédicace*

*À mes chers parents, Dieu vous a donné la mission de me guider, de m'aimer et de m'inspirer tout au long de cette incroyable aventure qu'est la vie. Maman et papa, votre soutien inébranlable et votre amour indéfectible ont été mes piliers, ma boussole dans ce voyage qu'est la fin de mes études. Vous êtes mes héros.*

*À mes sœurs Hadjer et Ritedj, vous êtes les étoiles qui illuminent ma vie de mille couleurs. Votre présence est un cadeau précieux.*

*À ma cousine et complice d'enfance Mounira, Cette réussite est aussi la tienne, car tu as toujours été une part essentielle de mon voyage.*

*À ma précieuse amie et binôme de mémoire, Notre mémoire est le fruit de notre collaboration, de notre persévérance, et de notre amitié. Je suis honoré(e) d'avoir eu la chance de travailler avec toi. Cette réussite est dédiée à notre partenariat exceptionnel et à tous les défis que nous avons relevés main dans la main.*

*À mes cousines bien-aimées, Souhila et Ikram, vous êtes les amies que la vie m'a offertes en bonus. Vous avez enrichi mon parcours de vos sourires et de vos encouragements.*

*À ma petite cousine Khadija, tu es la relève, le futur brillant de notre famille. Je te dédie mes succès pour que tu continues à grandir avec inspiration.*

*À mes chères amies, Chaimaa, Hiba, Israa, Khadija, Halima, vos rires, vos conseils, et votre amitié ont rendu cette étape de ma vie inoubliable.*

*À mes frères, Faysal, Mehdi et Réda, qui ont toujours été là pour partager mes joies, mes peines et mes rêves, je vous dédie cette réussite. Vous êtes ma force.*

*À mes amis Younes et Sid Ahmed, Votre amitié a été une lumière radieuse dans le parcours de mes études. Votre soutien, vos sourires et nos moments partagés resteront à jamais gravés dans mon cœur. Merci d'avoir fait de cette période une aventure mémorable.*

*À mon cher neveu Abd El Malek, même à tes tendres 4 ans, tu es déjà une source infinie de bonheur et de fierté pour moi. Je veux te dédier cette étape de ma vie pour te montrer que les rêves sont réalisables avec détermination et amour.*

*A ma grande mère, ce jour de réussite je veux que tu saches à quel point tu as été une source de force et d'inspiration pour moi. Tes conseils sages, ton amour inconditionnel et ta présence bienveillante ont été mon roc tout au long de mon parcours éducatif.*

*A ma tante rahmouna ce diplôme est dédié à toi, en reconnaissance de tout ce que tu as fait pour moi. Je suis reconnaissante de t'avoir comme tante, et je sais que tu continueras à m'inspirer à mesure que j'avancerai dans la vie. Je t'aime profondément.*

*Et à toute ma famille, du côté paternel et maternel, vous avez contribué à faire de moi la personne que je suis aujourd'hui. Cette réussite est aussi la vôtre.*

*Cette dédicace est pour vous tous, ceux qui ont été à mes côtés, me soutenant dans les moments de doute, célébrant avec moi dans les moments de joie. Votre amour et votre soutien sont les fondations sur lesquelles je construis mon avenir. Je vous aime du plus profond de mon cœur, et cette réussite est notre victoire à tous. Merci pour tout.*

*Dounia*

## Table des matières

Remerciements.....	2
<i>Dédicace</i> .....	3
Table des matières .....	5
Liste de figures : .....	8
Liste des tableaux : .....	10
Liste des abréviations : .....	11
Résumé : .....	12
Introduction générale : .....	14
Chapitre 01 : les risques de travail en hauteur travail.....	16
Introduction .....	17
Notion de base : .....	18
1. Travail en hauteur : .....	19
1.1 Secteurs d'activités concernés par le travail en hauteur : .....	20
1.2 Travailleur en hauteur : .....	20
1.3 L'importance de sécurité dans le domaine du travail en hauteur : .....	21
2. Risques et danger liés au travail en hauteur : .....	22
2.1 Chute de hauteur : .....	22
2.1.1 Risque de chute en hauteur en quelques chiffres : .....	22
2.1.2 Facteurs de risque des chutes : .....	26
2.1.3 Types de chute en hauteur : .....	27
2.1.4 Conséquences : .....	29
2.1.5 Actions pour assurer une bonne démarche de prévention des risques de chutes en hauteur : .....	32
2.1.6 Conduite à tenir : .....	33
2.2 Autre risque : .....	34
2.2.1 L'électrocution : .....	34
2.2.2 Chutes d'objets : .....	36
3. Réglementations et normes de sécurité pour le travail en hauteur : .....	38
3.1 Exigences légales pour la protection des travailleurs en hauteur : .....	38
3.2 Réglementation et les normes de travail en hauteur en Algérie : .....	39
3.3 Normes et recommandation en matière de sécurité (travaux en hauteur) : .....	40
3.4 Recommandations de l'Organisation internationale du Travail (OIT) : .....	40
Conclusion .....	41
Chapitre 02 : équipements spécialisés en travail en hauteur .....	42

Introduction.....	43
1. Équipements spécialisés pour le travail en hauteur :.....	44
1.1 Équipements permanents :.....	44
1.1.1 Garde de corp :.....	44
1.1.2 Echelles :.....	45
1.2 Équipements temporaires non mécanisés :.....	47
1.2.1 Les échafaudages :.....	47
1.2.2 Les plats formes :.....	51
1.2.3 Les protections périphériques temporaires pour travaux d'étanchéité en toiture :.....	52
1.3 Équipements temporaires mécanisés :.....	55
1.3.1 Plates-formes élévatrices mobiles de personnel (PEMP) :.....	55
1.3.2 Plates-formes de travail suspendues :.....	55
1.3.3 Plates-formes de travail se déplaçant le long de mâts :.....	56
2. Équipement de protection :.....	57
2.1 Équipements de protection collective :.....	57
2.11 Équipements de protection individuelle :.....	62
3. Harnais de sécurité :.....	68
3.1 Définition d'harnais :.....	68
3.2 Historique d'harnais :.....	69
3.3 Composants et type d'harnais :.....	70
3.3.1 Composants d'harnais :.....	70
3.3.2 Types d'harnais :.....	73
3.4 Choix et utilisation approprié a le harnais :.....	74
3.5 Norme et réglementation :.....	76
Conclusion :.....	80
Chapitre 03 : Conception et Réalisation de l'Amélioration du Harnais de Sécurité.....	81
Introduction :.....	82
1. Matérielle et logiciel.....	82
1.1 Arduino :.....	82
1.2.1 Description d'Arduino utilisé :.....	83
1.2.2 BreadBoard.....	83
1.2.3 Capteurs :.....	84
1.2 Logiciel :.....	88
1.2.1 Type de communication utilisé :.....	89
2. Réalisation :.....	90
2.1 Schéma de brochage de GPS :.....	90

2.2	Schéma de brochage de MPU6050 : .....	92
2.3	Schéma de brochage BMP280 : .....	94
2.4	Schéma de brochage de ESP01 : .....	96
2.5	Assemblage des capteurs (GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01) : .....	97
	Conclusion : .....	100
	Conclusion générale .....	101
	Liste des références : .....	102

## Liste de figures :

Figure 1.travail en hauteur .....	19
Figure 2. chute de hauteur .....	22
Figure 3.classement des causes de décès mondialement.....	23
Figure 4.pourcentage des accidents de travail dus de la chute.....	24
Figure 5.syndrome du harnais.....	31
Figure 6. schéma démonstratif des conséquences de SDH .....	32
Figure 7. organigramme de protection contre la chute de hauteur.....	33
Figure 8.électricien travail en hauteur.....	35
Figure 9. journal officiel Algérien.....	39
Figure 10. échafaudage en acier.....	48
Figure 11.échafaudage en porte-à-faux .....	49
Figure 12. filet de sécurité.....	53
Figure 13.système de ligne de vie temporaire .....	54
Figure 14.plateforme élévatrice mobile de personnel.....	55
Figure 15.plateforme de travail suspendu.....	56
Figure 16.plate-forme de travail se déplaçant le long de mâts .....	57
Figure 17.balisage.....	59
Figure 18.rambarde de sécurité .....	60
Figure 19.consignation hors service .....	62
Figure 20.longe antichute avec absorbeur d'énergie .....	71
Figure 21.sangle pour harnais de sécurité.....	71
Figure 22.sangle de prolongation du système d'antichute mobile .....	71
Figure 23. antichute à rappel automatique en sangle.....	71
Figure 24.mousquetons pour harnais.....	72
Figure 25.anneaux d'accrochage .....	72
Figure 26.crochet pour harnais standard.....	72
Figure 27.démonstration des composants du système antichute.....	72
Figure 28.harnais antichute .....	73
Figure 29.harnais antichute et maintien au travail.....	74
Figure 30.harnais antichute, de maintien au travail et de suspension.....	74
Figure 31. différentes méthodes d'utilisation du harnais .....	76
Figure 32.arduino.....	82
Figure 33.arduino AT méga 1280.....	83
Figure 34. BreadBoard.....	84
Figure 35.ESP-01 .....	85
Figure 36. brochage du modèle ESP-01 .....	85
Figure 37. Capteur BMP 280 .....	86
Figure 38.MPU6050.....	87
Figure 39.GPS NEO-6M .....	88
Figure 40. logiciel Arduino .....	88
Figure 41. liaison I2C.....	89
Figure 42.liaison Uart.....	90
Figure 43. codage Arduino de GPS NEO-6M .....	91
Figure 44. brochage de GPS NEO-6M à Arduino.....	91
Figure 45. résultats obtenus de brochage GPS NEO-6M.....	92



<i>Figure 46. codage Arduino de MPU6050 .....</i>	<i>92</i>
<i>Figure 47. brochage de MPU6050 à Arduino .....</i>	<i>93</i>
<i>Figure 48. graphe obtenu après le brochage de MPU6050 .....</i>	<i>93</i>
<i>Figure 49. codage Arduino de BMP 280.....</i>	<i>94</i>
<i>Figure 50. brochage de BMP280 à Arduino.....</i>	<i>95</i>
<i>Figure 51. graphe obtenu après le brochage de BMP280.....</i>	<i>95</i>
<i>Figure 52. codage Arduino de ESP01 .....</i>	<i>96</i>
<i>Figure 53. brochage de ESP 01 à Arduino.....</i>	<i>96</i>
<i>Figure 54. codage Arduino des capteurs.....</i>	<i>97</i>
<i>Figure 55. brochage des capteurs GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01.....</i>	<i>97</i>
<i>Figure 56. résultats obtenus après l'assemblage des capteurs GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01 .....</i>	<i>98</i>
<i>Figure 57. graphe obtenus après l'assemblage des capteurs GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01 .....</i>	<i>98</i>

## Liste des tableaux :

<i>Tableau 1.type d'activité en hauteur .....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 2. nombre et pourcentage des AT régional et national en France .....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 3. statistique et chiffre des accidents en Algérie .....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 4. Statistique et chiffre relatif aux causes à la chute au travail .....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 5.procéduure de certification en fonction de la gravité et du degré de complexité des EPI .....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 6.type d'EPI et leurs principaux critères de sélection .....</i>	<i>65</i>

Liste des abréviations :

**EPI** : Equipement de Protection Individuel ;

**BTP** : Bâtiment et Travaux Publique ;

**INRS** : Institut National de Recherche et de Sécurité ;

**CNAS** : Caisse National des Assurance Social des Travailleurs Salariés ;

**CPHS** : Commission Paritaire d'Hygiène et Sécurité ;

**OIT** : Organisation International de Travail ;

**RSST** : Règlement sur la Santé et la Sécurité du Travail ;

**OHSAS** : Occupational Heath and Safety Assessment Series ;

**ISO** : International Organisation for Standardization ;

**CE** : Cartered Engineers Certification ;

**UE** : Union Européenne ;

**NF** : Norme Française ;

**EN** : Européenne Norme ;

**AET** : Attestation d'Examen UE de Type ;

**SSPT** : Stress Post-Traumatique ;

**SDH** : Syndrome du harnais ;

**PIR** : Plate-forme Individuelle Roulante ;

**PIRL** : plate-forme Individuelle Roulante Légère ;

**PEMP** : Plate-forme Elévatrice Mobile de Personnel ;

## Résumé :

Ce mémoire de fin d'études se focalise sur le harnais de sécurité intelligent Smart Defender (HSI-SD) et son impact sur la sécurité des travailleurs lors des travaux en hauteur. L'objectif principal de cette étude est d'explorer les fonctionnalités innovantes du HSI-SD et de démontrer comment il contribue à prévenir les chutes, tout en améliorant le confort et l'efficacité des travailleurs évoluant en hauteur.

Le HSI-SD est un harnais de sécurité équipé de capteurs intelligents et de technologies avancées. Ces capteurs détectent les mouvements brusques, les positions anormales et les situations de danger potentiel. Lorsqu'une situation critique est détectée, des messages de données informes les superviseurs afin qu'ils les observent et leurs permettent de prendre des mesures préventives rapidement.

Grâce à ses fonctionnalités innovantes, le HSI-SD représente une avancée significative dans le domaine de la protection individuelle lors des travaux en hauteur. En prévenant les chutes et en améliorant le confort des travailleurs, il contribue à réduire les risques d'accidents et à créer un environnement de travail plus sûr et plus productif.

Le HSI-SD représente une solution prometteuse pour prévenir les chutes et protéger les travailleurs évoluant dans des environnements en hauteur.

## Abstract :

This thesis focuses on the Smart Defender Safety Harness (HSI-SD) and its impact on worker safety during work at heights. The main objective of this study is to explore the innovative features of the HSI-SD and demonstrate how it helps prevent falls, while improving the comfort and efficiency of workers working at height.

The HSI-SD is a safety harness equipped with intelligent sensors and advanced technologies. These sensors detect sudden movements, abnormal positions and situations of potential danger. When a critical situation is detected, data messages inform supervisors to observe them and allow them to take preventive action quickly.

Thanks to its innovative features, the HSI-SD represents a significant advance in the field of personal protection when working at heights. By preventing falls and improving worker comfort, it helps reduce the risk of accidents and create a safer and more productive work environment.

The HSI-SD is a promising solution to prevent falls and protect workers in high-rise environments.

## ملخص

الهدف. المرتفعات في العمل أثناء العمال سلامة على وتأثيرها (سد) الذكي السلامة حزام على الأطروحة هذه تركز راحة تحسين مع السقوط، منع في تساعد كيف وإظهار (سد) ل المبتكرة السمات استكشاف هو الدراسة لهذه الرئيسي الطول في العاملين العمال وكفاءة.

المفاجئة الحركات المستشعرات هذه تكتشف. متقدمة وتقنيات ذكية استشعار بأجهزة مزود الذكي السلامة حزام هو (سد) بمراقبتها المشرفين البيانات رسائل تبلغ حرجة، حالة اكتشاف عند. المحتمل الخطر وحالات الطبيعية غير والمواقف بسرعة وقائية إجراءات باتخاذ لهم والسماح.

منع خلال من. المرتفعات في العمل عند الشخصية الحماية مجال في كبيرًا تقدمًا (سد) تمثل المبتكرة، ميزاتها بفضل وإنتاجية أمانًا أكثر عمل بيئة وخلق الحوادث مخاطر تقليل في يساعد فإنه العمال، راحة وتحسين السقوط الشاه البيئات في العمال وحماية السقوط لمنع واعدًا حلاً (سد) يعد

L'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) est essentielle pour assurer la sécurité et la santé des travailleurs dans de nombreux environnements professionnels. Les EPI comprennent une variété d'articles tels que des casques, des lunettes, des gants et des vêtements de protection, qui sont conçus pour réduire les risques et les dangers associés aux activités professionnelles. Cependant, la gestion et l'amélioration des EPI restent des aspects cruciaux de la santé et de la sécurité au travail.

La gestion efficace des EPI comprend plusieurs étapes clés, notamment l'identification des risques spécifiques auxquels les travailleurs sont exposés. Chaque environnement de travail présente ses propres dangers potentiels, et il est crucial de les identifier de manière précise afin de choisir les EPI appropriés. Cela nécessite une évaluation approfondie des tâches effectuées, des matériaux utilisés, des machines et équipements utilisés, ainsi que des dangers présents sur le site.

Parmi les risques les plus redoutables auxquels les travailleurs peuvent être exposés, la chute lors des travaux en hauteur représente un danger majeur. Les travaux en hauteur incluent des activités telles que la construction de structures, l'entretien des façades de bâtiments, l'installation de systèmes d'éclairage, etc. Ces tâches exigent souvent que les travailleurs évoluent à des altitudes considérables, augmentant ainsi le risque de chute.

La chute en hauteur est un problème grave qui peut entraîner des blessures graves, voire la mort. Les conséquences d'une chute peuvent être dévastatrices pour les travailleurs et leur famille, ainsi que pour les employeurs en termes de responsabilité légale et financière. Par conséquent, il est essentiel de prendre des mesures appropriées pour prévenir et atténuer ce risque.

Malgré les avancées technologiques et les normes de sécurité en place, il existe encore des lacunes dans la conception des équipements de protection individuelle, notamment le harnais de sécurité utilisée dans les travaux en hauteur. Les harnais de sécurité actuels peuvent présenter des limitations et des défauts qui compromettent la sécurité des travailleurs. Par conséquent, il est nécessaire de proposer des améliorations significatives pour garantir une protection efficace contre les chutes.

Ce mémoire propose une approche novatrice pour améliorer le harnais de sécurité et le rendre plus performant dans la prévention des chutes lors des travaux en hauteur. L'objectif est de développer un harnais de sécurité innovant qui intègre des fonctionnalités avancées, telles que des capteurs intelligents et des systèmes d'alarme, afin de détecter les mouvements brusques, les positions anormales et les situations de danger potentiel. Ces améliorations significatives

permettront d'améliorer la sécurité des travailleurs et de réduire le risque de chute lors des travaux en hauteur.

Ce mémoire de fin d'étude se concentre sur l'amélioration du harnais de sécurité pour prévenir les chutes lors des travaux en hauteur. Il met en évidence l'importance de l'utilisation des EPI et la nécessité de gérer et d'améliorer ces équipements pour assurer la sécurité des travailleurs. En identifiant les risques spécifiques liés aux travaux en hauteur et en proposant des améliorations significatives du harnais de sécurité, ce mémoire contribue à créer un environnement de travail plus sûr et à réduire les accidents liés aux chutes.

Le premier chapitre de ce projet de fin d'étude examine en détail les travaux en hauteur et les risques qui y sont associés, en mettant l'accent sur la chute en hauteur. Une analyse approfondie des statistiques des accidents et des réglementations en vigueur sera réalisée pour comprendre les enjeux et les exigences spécifiques en matière de sécurité dans ce domaine.

Le deuxième chapitre se concentre sur les équipements utilisés dans les travaux en hauteur, ainsi que sur les équipements de protection disponibles sur le marché. Une étude comparative des différentes options d'EPI, y compris le harnais de sécurité, son historique, son fonctionnement, ses composants et son rôle dans la prévention des chutes lors des travaux en hauteur. Une revue détaillée des normes et des meilleures pratiques actuelles dans la conception et l'utilisation des harnais de sécurité sera effectuée pour évaluer les opportunités d'amélioration.

Le troisième et dernier chapitre se concentrera sur l'amélioration du harnais de sécurité pour le rendre intelligent. En intégrant des capteurs intelligents, le harnais sera capable de détecter les mouvements brusques, les positions anormales et les situations de danger potentiel. Ces fonctionnalités permettront aux superviseurs en temps réel de recevoir les messages de données, leurs donnant ainsi la possibilité de prendre des mesures préventives rapidement et efficacement.

## Chapitre 01 : les risques de travail en hauteur travail



## Introduction

Le travail en hauteur est une réalité dans de nombreux secteurs d'activité tels que la construction, l'entretien des infrastructures, l'industrie ou encore les travaux d'aménagement. Il englobe toutes les tâches qui nécessitent d'opérer à une certaine distance du sol, que ce soit sur des échafaudages, des échelles, des toits ou des plates-formes élévatoires. Cependant, cette pratique comporte des risques significatifs pour la santé et la sécurité des travailleurs.

Dans ce chapitre, les différentes dimensions du travail en hauteur seront abordées et les risques qui y sont associés, En examinant les facteurs qui contribuent à l'occurrence d'accidents graves, les conséquences potentielles pour les travailleurs et les mesures préventives à mettre en place pour assurer un environnement de travail sûr.

Les risques liés au travail en hauteur sont multiples : chutes de hauteur, glissades, trébuchements, chute d'objets, mauvaise utilisation des équipements de protection individuelle (EPI) sont autant de dangers auxquels les travailleurs sont exposés. Les conséquences peuvent être dramatiques, allant de blessures graves, voire mortelles, à des séquelles physiques et psychologiques durables.

Pour prévenir ces risques, il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de sécurité adéquates. Cela inclut la formation et la sensibilisation des travailleurs aux dangers spécifiques liés au travail en hauteur, l'utilisation d'équipements appropriés, tels que des harnais de sécurité, des filets de protection ou des garde-corps, et la mise en place de procédures de travail sécuritaires.

Il est également crucial de respecter les réglementations et les normes en vigueur en matière de sécurité au travail. Les lois et les directives fournissent des lignes directrices claires sur les exigences minimales à respecter pour garantir la sécurité des travailleurs en hauteur.

Ce chapitre explorera donc en détail les différentes dimensions du travail en hauteur et les risques qui lui sont associés. En comprenant les dangers potentiels et en prenant les mesures appropriées pour les prévenir, les employeurs et les travailleurs peuvent travailler ensemble pour créer un environnement de travail sécuritaire où les risques sont minimisés, permettant ainsi à chacun de mener ses tâches en hauteur en toute confiance et en toute sécurité.

## Notion de base :

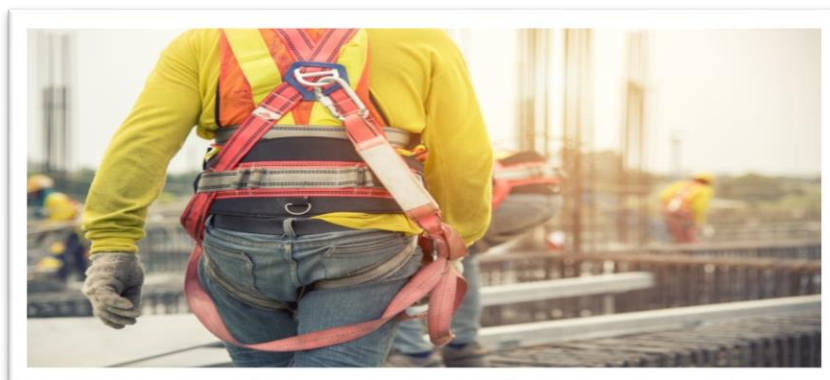
- **Hygiène et Sécurité Industrielle (HSI)** : est une discipline qui vise à prévenir les accidents, les maladies professionnelles et à promouvoir le bien-être des travailleurs dans les environnements industriels.
- **Risque** : Le risque est la probabilité qu'un événement indésirable se produise, entraînant des conséquences néfastes pour les personnes, les biens ou l'environnement.
- **Danger** : Le danger fait référence à une source potentielle de dommage, de préjudice ou de blessure. Il peut être associé à des substances chimiques, des équipements dangereux, des processus industriels, des conditions de travail défavorables.
- **Accident** : Un accident est un événement soudain et non prévu qui entraîne des dommages, des blessures ou des pertes
- **Évaluation des risques** : Il s'agit d'identifier et d'évaluer les dangers potentiels présents sur le lieu de travail, tels que les produits chimiques, les machines, les conditions ergonomiques, les risques incendie, etc.
- **Prévention des accidents** : Il s'agit de mettre en place des mesures préventives pour réduire les risques d'accidents, tels que des procédures de sécurité, la formation des travailleurs, l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI), la signalisation, etc.
- **Hygiène au travail** : Cela concerne la promotion de bonnes pratiques d'hygiène et de santé pour les travailleurs, y compris la gestion des risques liés aux substances dangereuses, la surveillance de la qualité de l'air, l'ergonomie des postes de travail, l'hygiène alimentaire, etc.
- **Législation et réglementation** : La filière HSI se base sur les lois et réglementations en matière de santé et de sécurité au travail, qui varient d'un pays à l'autre. Il est essentiel de comprendre et de se conformer aux normes en vigueur pour assurer un environnement de travail sûr et légal.
- **Gestion de la santé et de la sécurité** : Cela englobe la planification, la mise en œuvre et le suivi des politiques et des programmes de santé et de sécurité au sein des organisations.
- **Formation et sensibilisation** : La formation des travailleurs est un élément clé de la filière HSI. Il est important de sensibiliser les travailleurs aux risques potentiels, aux mesures de prévention et aux bonnes pratiques en matière de santé et de sécurité.

- Les équipements de protection collective (EPC) : sont des dispositifs et des mesures mis en place dans les environnements de travail pour protéger la santé et la sécurité des travailleurs.
- Les équipements de protection individuelle (EPI) : sont des dispositifs portés par les travailleurs pour se protéger contre les risques professionnels présents dans leur environnement de travail.<sup>1</sup>

## 1. Travail en hauteur :

Le travail en hauteur désigne l'ensemble des activités professionnelles réalisées à une distance significative du sol. Il peut impliquer l'exécution de diverses tâches telles que la construction, la réparation, la maintenance, l'installation, l'inspection ou d'autres opérations nécessitant un accès à des zones élevées. Ces zones peuvent inclure des structures verticales telles que des bâtiments, des ponts, des pylônes, des éoliennes ou des plateformes spécifiques telles que des échafaudages ou des toitures.

Les travailleurs en hauteur peuvent être amenés à évoluer dans des environnements complexes et potentiellement dangereux. Ils peuvent être confrontés à des conditions de travail difficiles, telles que des surfaces instables, des espaces confinés, des environnements exposés aux intempéries ou d'autres défis spécifiques. Par conséquent, une formation adéquate et une connaissance des procédures de sécurité sont essentielles pour accomplir ces tâches en toute sécurité. Le travail en hauteur englobe les activités professionnelles réalisées à une distance considérable du sol. Il nécessite l'utilisation d'équipements spécifiques, le respect de procédures appropriées et une formation adéquate pour assurer la sécurité des travailleurs. La planification et l'organisation des travaux en hauteur sont cruciales pour minimiser les risques et assurer la réalisation efficace des tâches assignées.



*Figure 1. travail en hauteur*

### 1.1 Secteurs d'activités concernés par le travail en hauteur :

- Accéder à la zone de chargement d'un véhicule routiers ou ferroviaire ou d'un conteneur.
- Travail sur le toit d'un camion ou d'un réservoir.
- Travail sur le toit d'un navire ou d'un conteneur (pour vérifier les trappes d'inspection).
- Travail dans les installations de construction.
- Travail dans les chambres de stockages.
- L'élagage.
- Travail dans les charpentes.
- Les travaux de l'électricité.
- Les installations d'antenne.
- Le nettoyage de vitres et de façade.
- L'alpinisme.
- Dépoussiérage des structures en hauteur.
- Le travail dans les cheminées, les fours industriels.

### 1.2 Travailleur en hauteur :

**Tableau 1.** type d'activité en hauteur

Métiers	Type d'activité (exemples)
Couvreur	Tous travaux (réfection)
Électricien/Chauffagiste	Entretien panneaux solaires, climatisation
Maîtres d'œuvre (MOE)	Visite de chantier, repérage avant travaux
Métreur	Prise de mesure
Diagnostiqueur	Diagnostic avant travaux
Personnels de maintenance	Nettoyage de toiture
Charpentier	Intervention sur structure
Désamianteur/Déconstructeur	Dépose de toiture
Maçon	Reprise d'un solin sur une cheminée
Peintre	Peinture cheminée
Agriculteur	Réparation ponctuelle de toiture
Agent territorial	Entretien, maintenance

Pompier/secours	Intervention lors d'incendie, secours
Poseur d'antennes	Pose d'antenne

### 1.3 L'importance de sécurité dans le domaine du travail en hauteur :

L'importance de la sécurité dans le domaine du travail en hauteur ne peut être sous-estimée. Les travailleurs qui exécutent des tâches en hauteur, sont exposés à des risques significatifs. Les chutes, les chocs électriques, les objets en chute et d'autres dangers potentiels peuvent entraîner des blessures graves, voire la perte de vies humaines.

La sécurité au travail en hauteur est essentielle pour prévenir les accidents et protéger la santé et le bien-être des travailleurs. Outre les conséquences humaines, les accidents de travail en hauteur ont également un impact économique significatif. Les entreprises doivent faire face à des coûts directs tels que les soins médicaux, les indemnités aux travailleurs blessés, les pertes de productivité et les arrêts de travail prolongés. De plus, des poursuites judiciaires et des amendes peuvent être engagées en cas de non-respect des réglementations en matière de sécurité au travail.

C'est pourquoi il est essentiel que les employeurs, les employés et les organismes de réglementation accordent une attention particulière à la sécurité dans le travail en hauteur. Les normes et les réglementations existent pour guider les pratiques sécuritaires et réduire les risques.

Les entreprises doivent mettre en œuvre des mesures préventives, telles que la formation adéquate des travailleurs, l'utilisation d'équipements de protection individuelle appropriés et l'application de procédures de travail sécuritaires.

La sensibilisation et la promotion d'une culture de sécurité au sein des entreprises sont également essentielles. Les travailleurs doivent être conscients des dangers potentiels et être formés à adopter des comportements sécuritaires en tout temps. Une culture de sécurité englobe également l'engagement de la direction à investir dans la sécurité, à fournir des ressources adéquates et à encourager la participation active des travailleurs à l'amélioration continue des pratiques sécuritaires.

La sécurité dans le travail en hauteur est d'une importance capitale. Elle sauve des vies, prévient les blessures graves et protège les travailleurs ainsi que les entreprises. Investir dans des mesures de sécurité adéquates et promouvoir une culture de sécurité permet de créer des environnements de travail plus sûrs, plus productifs et plus gratifiants pour tous les acteurs impliqués.

## 2. Risques et danger liés au travail en hauteur :

Le travail en hauteur comporte des risques inhérents qui peuvent mettre en danger la sécurité des travailleurs. Lorsqu'ils exécutent des tâches à des altitudes élevées, les travailleurs sont exposés à divers dangers et risques potentiels. Il est essentiel que les travailleurs aient une connaissance approfondie des risques associés au travail en hauteur afin de garantir leur sécurité et de pouvoir prendre les mesures préventives appropriées.

### 2.1 Chute de hauteur :

La chute de hauteur est un terme utilisé pour décrire un événement où une personne tombe d'une position élevée vers un niveau inférieur. Cela se produit lorsque la personne perd l'équilibre, glisse, trébuche ou est victime d'un autre incident qui la fait chuter d'une hauteur significative.

La hauteur peut varier, mais généralement, une chute est considérée comme une chute de hauteur lorsque la distance de la chute dépasse une certaine mesure, telle que deux mètres.

Les chutes de hauteur sont considérées comme l'une des principales causes d'accidents du travail, en particulier dans les secteurs où les travailleurs sont régulièrement exposés à des situations en hauteur, comme la construction, les travaux sur les toits, l'industrie de l'énergie, les télécommunications, etc. Ces chutes peuvent entraîner des blessures graves, des handicaps permanents et même la mort.



*Figure 2. chute de hauteur*

#### 2.1.1 Risque de chute en hauteur en quelques chiffres :

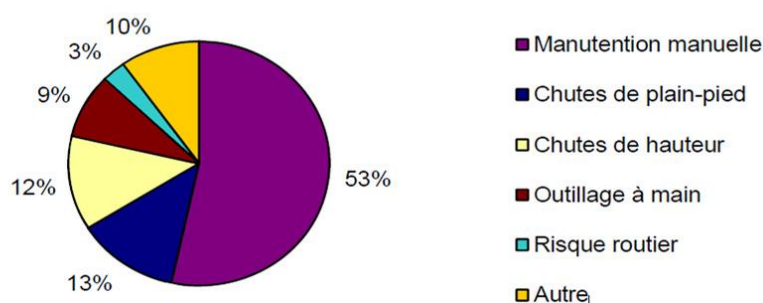
##### ➤ **Mondiale :**

Chaque année, les chutes de hauteur sont responsables d'un pourcentage alarmant des accidents du travail, soit environ 12%. Cette statistique met en évidence l'ampleur du problème et l'importance cruciale de prendre des mesures pour prévenir ces accidents.

En termes de classement, les chutes de hauteur occupent la troisième place parmi les causes d'accidents du travail. Cela signifie qu'elles figurent parmi les principales causes d'incidents

sur les lieux de travail, entraînant des blessures, des incapacités et même la perte de vies humaines.

La gravité des chutes de hauteur se reflète également dans le classement des causes de décès liés aux accidents du travail. Elles occupent la deuxième place, ce qui indique que de nombreux décès survenus sur les lieux de travail sont attribuables à des chutes en hauteur.<sup>2</sup>



**Figure 3.** classement des causes de décès mondialement

Contrairement aux idées reçues, les accidents liés aux chutes en hauteur peuvent se produire dans tous les secteurs d'activité, même si le secteur de la construction (BTP) présente la plus forte proportion de ces incidents.

En 2018, dans le secteur du BTP, les chutes en hauteur représentaient environ 17% de l'ensemble des accidents du travail. Il s'agit de la première cause de décès suite à un accident du travail dans ce secteur. Ces chiffres soulignent l'importance critique de la sécurité dans le domaine de la construction et la nécessité de mettre en place des mesures efficaces pour prévenir les chutes en hauteur.

Il convient également de noter que d'autres secteurs, tels que l'aide et les soins à la personne, le nettoyage et le travail intérimaire, présentent également un nombre élevé d'arrêts de travail dus aux chutes en hauteur. En particulier, près de 1 800 arrêts de travail sont recensés dans ces secteurs en raison de ce type d'accidents. Cette statistique met en évidence le fait que la prévention des chutes en hauteur doit être prise en compte dans divers domaines professionnels et pas seulement dans le BTP.<sup>3</sup>



Figure 4.pourcentage des accidents de travail dus de la chute

➤ **En France :**

Les chutes de hauteur constituent une préoccupation majeure en matière de sécurité au travail en Normandie, une région située dans le nord-ouest de la France. Les travailleurs évoluant dans des environnements tels que la construction, l'industrie, l'agriculture et d'autres secteurs à risque sont confrontés quotidiennement à des dangers liés aux travaux en hauteur. Ces accidents peuvent avoir des conséquences graves, entraînant des blessures incapacitantes voire la perte de vies humaines.

Tableau 2. nombre et pourcentage des AT régional et national en France

	Tous secteurs Normandie	Tous secteurs national	% régional	CTN B Bâtiment et travaux publics Normandie	CTN B bâtiment et travaux publics national	% régional
Nombre de Salariés	861 356	18817723	4 ,57%	74238	1493405	4 ,97%
Nombre D'AT avec arrêt	31987	632918	5,05%	4117 (Arrêt avec au moins 41j)	86886	4 ,73%



Nombre D'AT mortels	28 (43)2016	530	5,28%	?	120	%
Indice de Fréquence	37,1 (37,6)	33,4 (33,8)		61,2 (63)	58,2 (60)	

F : nombre d'AT en 1er règlement pour 1000 salariés Sources CNAM et CARSAT Normandie

➤ **Algérie :**

*Tableau 3. statistique et chiffre des accidents en Algérie*

Statistique	Chiffre
<b>Nombre annuel d'accidents enregistrés</b>	50000
<b>Nombre d'accidents mortels en 2016</b>	680
<b>Pourcentage d'accidents mortels dans les chantiers en 2016</b>	62%
<b>Secteur du BTP (Bâtiment et Travaux Publics)</b>	25%
<b>Proportion d'hommes parmi les victimes</b>	90%
<b>Tranche d'âge des victimes</b>	25 à 50 ans (78% des victimes)
<b>Ancienneté au poste de travail des victimes</b>	Entre 1 an et 6 ans et demi (75% des victimes)
<b>Lieux où surviennent les chutes</b>	30% dans les escaliers, 17% en hauteur, 12% de véhicules à l'arrêt, 9% d'un déséquilibre d'échafaudage
<b>Élément matériel impliqué dans les décès</b>	37% d'échafaudages, 12% de travaux sur les toitures

Ces informations ont été communiquées par le Directeur général de la Cnas, Tidjani Hassen Heddami, lors de la Journée de formation et d'information au profit des membres des commissions paritaires d'hygiène et de sécurité (CPHS) des agences et établissements Cnas. L'objectif de cette journée était de promouvoir l'objectif « zéro accident ». Les chiffres soulignent l'importance de prendre des mesures de prévention adéquates pour réduire les accidents, en particulier dans le secteur du BTP.<sup>4</sup>

➤ **États-Unis :**

*Tableau 4. Statistique et chiffre relatif aux causes à la chute au travail*

Statistique	Chiffre
<b>Nombre de travailleurs dans l'industrie de la construction aux États-Unis en 2015</b>	10 millions
<b>Les quatre plus grands risques dans le domaine de la construction</b>	Top 4 des blessures entraînant des décès
<b>Les chutes en hauteur représentent</b>	30,7% des invalidités aux États-Unis
<b>Les travailleurs de la construction sont les plus à risque de mourir d'une chute au travail</b>	Oui
<b>Les chutes en hauteur sont la deuxième cause de décès pour tout type d'emploi</b>	Après les accidents en milieu routier
<b>Nombre de décès dus à des chutes au travail en 2015 (selon le Bureau of Labor Statistics)</b>	800
<b>Pourcentage d'accidents sérieux causés par des chutes mortelles se produisant à moins de 15 pieds</b>	36%

Ces statistiques mettent en évidence l'importance des chutes en hauteur dans le domaine de la construction aux États-Unis. Les chutes représentent un risque significatif, entraînant des invalidités, un nombre important de décès. Il est également souligné que les accidents graves peuvent se produire même à des hauteurs relativement basses, soulignant ainsi la nécessité d'un environnement de travail sécuritaire<sup>5</sup>

**2.1.2 Facteurs de risque des chutes :**

Les facteurs de risque des chutes en hauteur dans le cadre du travail en hauteur peuvent être regroupés en trois catégories principales : les facteurs individuels, les facteurs organisationnels et les facteurs liés à l'environnement de travail. Voici une description détaillée de chaque catégorie :

➤ **Facteurs individuels :**

- Aptitudes physiques et mentales : Les capacités physiques et mentales d'un travailleur, telles que l'équilibre, la coordination, la concentration et la prise de décision, peuvent influencer le risque de chute en hauteur.
- Expérience et formation : Un manque d'expérience ou de formation spécifique aux travaux en hauteur peut augmenter le risque d'accident.
- Comportements à risque : Les comportements imprudents, tels que la négligence des procédures de sécurité, l'utilisation incorrecte des équipements de protection ou la précipitation dans l'exécution des tâches, peuvent augmenter les risques de chute.
- Facteurs organisationnels :
  - Culture de sécurité : Une culture de sécurité déficiente au sein de l'entreprise, où la sécurité n'est pas valorisée ou priorisée, peut entraîner un non-respect des procédures de sécurité liées aux travaux en hauteur.
  - Pratiques de gestion des ressources humaines : Des politiques de gestion des ressources humaines inadéquates, telles qu'un recrutement inapproprié, une formation insuffisante ou un manque de supervision adéquate, peuvent contribuer aux risques de chute en hauteur.
  - Planification et coordination des travaux : Une mauvaise planification et coordination des travaux en hauteur, y compris l'absence d'évaluation des risques, de planification des mesures de protection et de communication claire entre les travailleurs, peuvent accroître les risques.
- Facteurs liés à l'environnement de travail :
  - Caractéristiques physiques du lieu de travail : Des conditions telles que des surfaces glissantes, des échelles ou des échafaudages défectueux, des espaces confinés ou encombrés peuvent augmenter les risques de chute en hauteur.
  - Conditions météorologiques : Des conditions météorologiques défavorables, telles que le vent, la pluie ou la neige, peuvent rendre les travaux en hauteur plus dangereux et augmenter les risques de chute.
  - Équipements de protection collective : L'absence, le mauvais entretien ou l'utilisation incorrecte des équipements de protection collective, tels que les garde-corps, les filets de sécurité ou les harnais, peuvent accroître le risque de chute.

### 2.1.3 Types de chute en hauteur :

Bien sûr, voici une version plus détaillée des types de chutes en hauteur et de leurs causes :

- Chute d'une échelle :

- Mauvaise fixation de l'échelle : L'échelle peut être mal fixée au sol ou à la structure, ce qui peut entraîner son instabilité et une chute lors de son utilisation.
  - Mauvais positionnement de l'échelle : Une mauvaise position de l'échelle, par exemple en étant trop inclinée ou en étant placée sur une surface instable, peut entraîner une perte d'équilibre et une chute.
  - Glissade ou perte d'équilibre de l'utilisateur : Des conditions glissantes, une négligence de l'utilisateur ou une perte d'équilibre peuvent provoquer une chute depuis l'échelle.
- Chute d'un échafaudage :
- Défaut de montage ou d'ancrage de l'échafaudage : Un échafaudage mal monté, avec des pièces manquantes ou mal fixées, peut s'effondrer sous le poids des travailleurs et provoquer une chute.
  - Surcharge de l'échafaudage : Si l'échafaudage est surchargé au-delà de sa capacité maximale, il peut s'affaisser ou s'effondrer, entraînant une chute.
  - Effondrement partiel ou total de l'échafaudage : Des conditions météorologiques défavorables, une mauvaise conception ou une mauvaise installation peuvent provoquer l'effondrement partiel ou total de l'échafaudage, entraînant une chute.
- Chute d'une plateforme ou d'un plan de travail en hauteur :
- Mauvaise installation ou défaillance de la plateforme : Une plateforme mal installée ou présentant des défauts structurels peut se détacher ou s'effondrer, entraînant une chute.
  - Absence de garde-corps ou protection inadéquate : L'absence de garde-corps ou de protection périphérique adéquate sur la plateforme peut augmenter le risque de chute.
  - Erreur de manipulation ou de positionnement de l'utilisateur : Une mauvaise manipulation des outils ou des matériaux, ainsi qu'un mauvais positionnement du corps, peuvent provoquer une perte d'équilibre et une chute.
- Chute depuis une toiture ou un toit :
- Glissade sur une surface glissante : Des surfaces glissantes, telles que des toitures mouillées ou couvertes de débris, peuvent entraîner une perte d'équilibre et une chute.

- Mauvais positionnement ou rupture d'un support : Si un support sur la toiture est mal positionné ou se rompt, cela peut provoquer une chute.
- Absence de protection contre les chutes : L'absence de dispositifs de protection contre les chutes, tels que des garde-corps ou des lignes de vie, augmente considérablement le risque de chute.
- Chute depuis un édifice ou une structure en hauteur :
  - Mauvais accès aux zones de travail en hauteur : Un accès difficile ou non sécurisé aux zones de travail en hauteur peut entraîner des chutes lors des déplacements.
  - Défaillance des dispositifs de protection individuelle : Si les dispositifs de protection individuelle, tels que les harnais de sécurité, les lignes de vie ou les ancrages, ne fonctionnent pas correctement ou sont mal utilisés, cela peut conduire à une chute.
  - Perte d'équilibre ou négligence des mesures de sécurité : Une perte d'équilibre due à une inattention, une fatigue ou une négligence des mesures de sécurité peut entraîner une chute.

#### 2.1.4 Conséquences :

- Conséquence physique :
  - Blessures physiques : Les blessures corporelles résultant d'une chute en hauteur peuvent varier en fonction de la hauteur de la chute, de l'angle d'impact, de la surface d'atterrissage et d'autres facteurs. Voici quelques-unes des blessures corporelles couramment associées aux chutes en hauteur :
    - Fractures osseuses : Les fractures sont l'une des blessures les plus fréquentes lors d'une chute en hauteur. Les os les plus touchés sont généralement les membres, comme les bras, les jambes et les poignets, mais des fractures de la colonne vertébrale, du bassin ou du crâne peuvent également survenir.
    - Luxations et entorses : Une chute peut entraîner des luxations articulaires, c'est-à-dire la séparation d'une articulation, ainsi que des entorses, qui impliquent l'étirement excessif ou la déchirure des ligaments qui maintiennent les articulations ensemble. Les chevilles, les genoux, les épaules et les poignets sont particulièrement vulnérables à ces types de blessures.
    - Contusions et ecchymoses : L'impact d'une chute peut provoquer des contusions et des ecchymoses, qui sont des blessures superficielles causées par des coups ou des chocs sur la peau. Cela peut entraîner des douleurs, des gonflements et des hématomes.

- Coupures et lacérations : Des objets tranchants ou des arêtes vives peuvent causer des coupures ou des lacérations lors d'une chute. Ces blessures peuvent nécessiter des points de suture et présenter un risque d'infection.
- Blessures à la tête : Les traumatismes crâniens, y compris les fractures du crâne et les commotions cérébrales, sont courants lors d'une chute en hauteur. Ces blessures peuvent être potentiellement graves et entraîner des complications neurologiques.
- Blessures à la colonne vertébrale : Une chute en hauteur peut provoquer des blessures à la colonne vertébrale, notamment des fractures vertébrales, des lésions de la moelle épinière et des dommages aux disques intervertébraux. Ces blessures peuvent entraîner une paralysie partielle ou totale et des problèmes de mobilité.
- Blessures internes : L'impact d'une chute peut endommager les organes internes tels que les poumons, le foie, les reins et la rate, provoquant des blessures internes potentiellement graves qui nécessitent une intervention chirurgicale.
- Décès : Malheureusement, les chutes en hauteur peuvent être fatales. Les blessures graves résultant d'une chute peuvent entraîner le décès immédiat ou des complications ultérieures conduisant à un décès.<sup>6</sup>

➤ Conséquences psychologiques :

Les chutes en hauteur peuvent entraîner de graves conséquences tant sur le plan physique que psychologique. Voici une description des principales conséquences liées aux chutes en hauteur :

- Troubles post-traumatiques : Les personnes ayant subi une chute en hauteur peuvent développer des troubles post-traumatiques, tels que le syndrome de stress post-traumatique (SSPT). Ces troubles peuvent se manifester par des flashbacks, des cauchemars, de l'anxiété et de l'irritabilité.

- Anxiété et dépression : Les chutes en hauteur peuvent engendrer des problèmes de santé mentale tels que l'anxiété et la dépression. Les victimes peuvent ressentir de la peur, de l'insécurité et de l'appréhension quant à leur capacité à retourner au travail ou à reprendre leurs activités normales.

➤ Impacts socio-économiques :

- Coûts médicaux et de réadaptation : Les blessures causées par les chutes en hauteur peuvent entraîner des coûts élevés liés aux soins médicaux, aux traitements de réadaptation et aux interventions chirurgicales. Ces coûts peuvent peser lourdement sur les individus, les familles et le système de santé.

- Perte de productivité : Les personnes victimes de chutes en hauteur peuvent être dans l'incapacité de travailler pendant une période prolongée, ce qui entraîne une perte de productivité pour elles-mêmes et pour leur employeur.

- Répercussions sur la qualité de vie : Les conséquences physiques et psychologiques des chutes en hauteur peuvent avoir un impact significatif sur la qualité de vie des victimes et de leurs proches. Cela peut se traduire par des limitations physiques, des difficultés dans les activités quotidiennes et des altérations des relations sociales.<sup>7</sup>

➤ Autres conséquences inattendues d'une chute en hauteur :

- Chute en série :

Les chutes en cascade désignent une série d'accidents en hauteur qui se produisent de manière successive, créant ainsi une chaîne d'événements avec des répercussions cumulatives. Lorsqu'une personne chute d'une position élevée, elle peut entraîner d'autres chutes ou incidents qui affectent les personnes et les objets autour d'elle.

Lors d'une chute en cascade, la force de la chute initiale peut déclencher une réaction en chaîne, provoquant la mise en mouvement d'autres personnes, équipements ou objets qui se trouvent à proximité. Par exemple, lorsque quelqu'un tombe d'une échelle ou d'un échafaudage, il peut entraîner la chute d'outils, de matériaux ou même d'autres travailleurs se trouvant à proximité. Cette série de chutes peut se propager rapidement, augmentant ainsi le nombre de personnes et d'objets impliqués dans l'accident.

- Syndrome Du Harnais SDH :

Le syndrome du harnais appelé SDH (ou syndrome de suspension) est l'ensemble des conséquences relatives à une immobilisation dans un harnais après une chute de hauteur.



*Figure 5. syndrome du harnais*

Lorsque l'utilisateur d'un Équipement de Protection Individuelle (EPI) contre les chutes demeure accroché trop longtemps sans bouger dans un harnais antichute, il risque un traumatisme de suspension mortel.

Ce risque apparaît lorsque les personnes accidentées demeurent accrochées dans le harnais et que le sang stagne dans les parties inférieures du corps en suspension. Les mouvements étant limités, le sang ne circule plus correctement dans le corps.

Par l'absence du sol sous les pieds, les muscles des jambes ne peuvent plus être correctement irrigués, alimenté en sang. De plus, le flux sanguin est réduit voire interrompu complètement par le poids du corps inerte qui pèse sur les sangles inférieures du harnais et sur les artères fémorales, on parle alors de compression fémorale traumatique. Les artères fémorales sont anormalement compressées par le poids du corps dans le harnais.

En conséquence : l'afflux et le retour veineux sont interrompu et il n'y a plus suffisamment de sang pour approvisionner en oxygène les organes vitaux des membres inférieurs. Cet arrêt sanguin, par une chaîne de conséquences, peut provoquer des lésions irréversibles ainsi qu'un arrêt cardiaque.

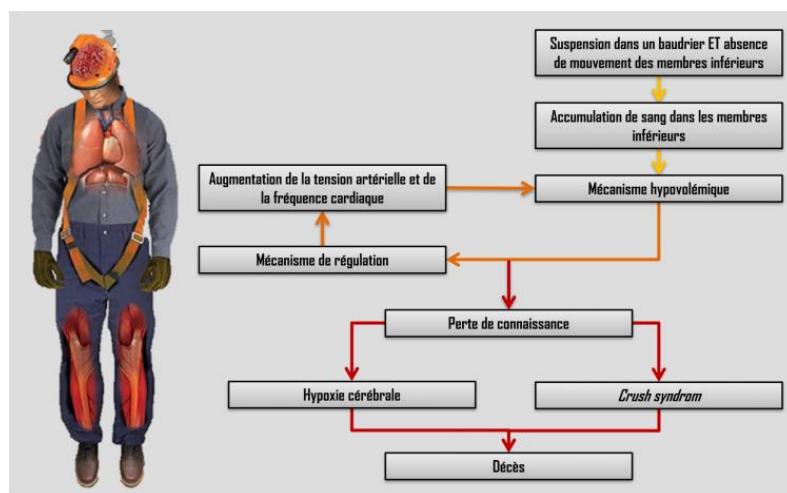


Figure 6. schéma démonstratif des conséquences de SDH

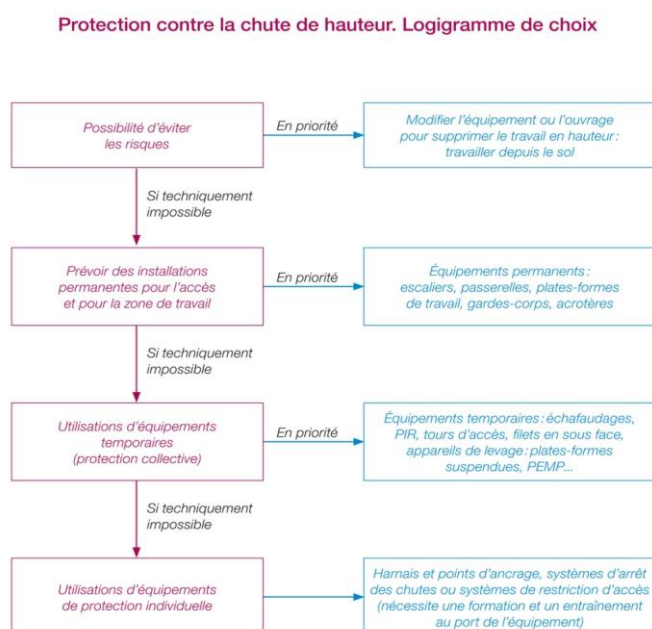
### 2.1.5 Actions pour assurer une bonne démarche de prévention des risques de chutes en hauteur :

Sont comme suivant :

- L'identification de toutes les situations de travail exposant les salariés aux risques de chute doit intervenir le plus en amont possible afin de proposer des solutions permettant d'éviter l'exposition au risque.
- La réflexion doit porter sur tous les postes de travail concernés par un risque de chute de hauteur, y compris ceux qui ne concernent que des situations occasionnelles. Elle doit également comprendre l'examen des conditions d'accès à ces postes.
- La démarche de prévention des risques de chutes de hauteur doit être conduite :



- Dès la conception d'un ouvrage ou d'un équipement de travail ;
  - Dans l'analyse du poste de travail ;
  - Dans l'analyse du mode opératoire pour les travaux d'installation et de maintenance.
- Cette démarche nécessite souvent d'impliquer des acteurs différents (concepteurs, maîtres d'ouvrage, utilisateurs des équipements...) pour aboutir à une solution satisfaisante.
- Elle s'appuie sur les principes généraux de prévention édictés par le Code du travail (voir schéma ci-dessous).<sup>8</sup>



**Figure 7.** organigramme de protection contre la chute de hauteur

### 2.1.6 Conduite à tenir :

En cas de :

- Chute en hauteur :

Si l'opérateur a chuté et qu'il est au sol, il faut appeler les secours dans les plus brefs délais. En attendant leur arrivée, il est possible d'apporter assistance à la victime avec les gestes de premier secours. Sauf en cas de danger immédiat pour la victime, il ne faut

jamais déplacer la victime. Voici la démarche à suivre si un opérateur a fait une chute de hauteur :

- Éviter le suraccident en s'assurant qu'aucun danger immédiat ne mette en péril la victime.
- Rassurer la victime en lui parlant calmement.
- Faire un bilan afin de pouvoir décrire précisément le lieu de l'accident et l'état de santé de la victime lors de l'appel aux services de secours.
- Donnez l'alerte en appelant le SAMU ou le numéro d'urgence.

➤ Chute de hauteur avec un harnais de sécurité :

Après une chute de hauteur, toute l'équipe impliquée doit suivre le plan de sauvetage établi dans le protocole. Cependant, voici quelques conseils de premiers secours qui vous seront sûrement utiles en cas de chutes de hauteur.

- Prévenez les équipes d'urgence pour ne pas perdre une minute.
- Assurez-vous de ne pas vous mettre en danger.
- Tenir le travailleur suspendu conscient, essayer de le rassurer et connaître son état de santé.
- Sauvez la victime et placez-la au sol en vous assurant de le faire en toute sécurité.
- Détachez ou retirez le harnais de la victime.
- Placez la victime dans une position confortable.
- Analysez les dommages possibles ou laissez les secours faire leur travail (blessures, obstruction des voies respiratoires, fonction cardiaque, etc.).
- Emmenez à l'hôpital les victimes inconscientes ou à long terme d'un traumatisme lié au harnais suspendu.
  - N'oubliez pas de ne jamais perdre votre sang-froid, car c'est la meilleure façon d'aider un collègue qui souffre d'un traumatisme lié au harnais suspendu.<sup>7</sup>

## 2.2 Autre risque :

### 2.2.1 L'électrocution :

L'électrocution lors de travaux en hauteur est un danger potentiellement mortel qui survient lorsque des travailleurs sont exposés à des sources électriques lorsqu'ils effectuent des tâches

en hauteur, comme la construction, la maintenance ou la réparation de structures, de lignes électriques ou de systèmes électriques.



*Figure 8.électricien travail en hauteur*

➤ Conséquences de l'électrocution :

Les conséquences de l'électrocution peuvent être extrêmement graves, voire mortelles, en fonction de la gravité de l'électrisation et de la durée de l'exposition. Voici quelques conséquences possibles de l'électrocution :

- Blessures corporelles : L'électricité peut provoquer des brûlures, à la fois internes et externes, en fonction de l'intensité du courant électrique. Les brûlures peuvent être superficielles ou profondes, entraînant des lésions tissulaires graves. De plus, l'électrocution peut causer des dommages aux organes internes, au système nerveux et au système cardiovasculaire.
- Arrêt cardiaque : Une forte décharge électrique peut entraîner un arrêt cardiaque immédiat. L'électricité peut perturber le rythme cardiaque normal et entraîner une fibrillation ventriculaire, où le cœur bat de manière irrégulière et inefficace. Sans intervention médicale immédiate, un arrêt cardiaque peut être fatal.
- Lésions nerveuses : L'électrocution peut endommager les nerfs du corps. Cela peut provoquer des picotements, des engourdissements, une faiblesse musculaire et une perte de sensibilité dans les zones touchées. Dans les cas graves, des lésions nerveuses permanentes peuvent se produire, entraînant une paralysie partielle ou totale.
- Troubles respiratoires : Une électrocution sévère peut affecter les muscles responsables de la respiration, entraînant une détresse respiratoire. Cela peut nécessiter une assistance respiratoire immédiate pour maintenir les fonctions vitales.
- Lésions internes : L'électricité peut endommager les organes internes tels que les poumons, le foie, les reins et le cerveau. Les lésions internes peuvent être graves et nécessiter une intervention chirurgicale pour réparer les dommages.

- Traumatisme physique : Lorsqu'une personne reçoit une décharge électrique, elle peut être projetée violemment en raison de la contraction musculaire involontaire. Cela peut entraîner des chutes graves, des fractures osseuses, des blessures à la tête et d'autres traumatismes physiques.
- Séquelles psychologiques : Les personnes ayant survécu à une électrocution peuvent développer des séquelles psychologiques telles que le stress post-traumatique, l'anxiété, la dépression et des phobies liées à l'électricité ou aux travaux en hauteur.

### 2.2.2 Chutes d'objets :

Les chutes d'objets lors du travail en hauteur constituent un risque important pour la sécurité des travailleurs ainsi que pour les personnes situées en-dessous. Voici quelques généralités à connaître sur les chutes d'objets lors du travail en hauteur :

- Causes des chutes d'objets : Les chutes d'objets peuvent être causées par divers facteurs, tels que le mauvais positionnement des outils et équipements, des erreurs de manipulation, des conditions météorologiques défavorables, des défaillances des systèmes de fixation ou de retenue, ou encore des erreurs humaines.
- Types d'objets : Les objets susceptibles de tomber d'une hauteur de travail peuvent être de différentes natures, tels que des outils à main, des matériaux de construction, des équipements, des pièces détachées, des débris, ou même des équipements de protection individuelle (EPI) mal positionnés.

#### ➤ Conséquences de la chute d'objet :

Les chutes d'objets lors du travail en hauteur peuvent avoir des conséquences graves, tant pour les travailleurs que pour les personnes situées en-dessous. Voici quelques conséquences potentielles de chute d'objet lors du travail en hauteur :

- Blessures corporelles : Lorsqu'un objet tombe d'une hauteur, il peut causer des blessures graves aux travailleurs ou aux personnes situées en-dessous. Les blessures peuvent inclure des traumatismes crâniens, des fractures osseuses, des blessures à la colonne vertébrale, des lacérations, des contusions et d'autres blessures corporelles graves.
- Blessures à la tête : Les chutes d'objets peuvent entraîner des blessures graves à la tête, y compris des traumatismes crâniens. Ces blessures peuvent avoir des conséquences à long terme, telles que des lésions cérébrales, des troubles cognitifs et des incapacités permanentes.

- Traumatismes au visage et aux yeux : Les objets en chute peuvent également causer des blessures au visage, y compris des fractures faciales, des lacérations et des blessures oculaires. Les blessures oculaires peuvent entraîner une perte de vision partielle ou totale, nécessitant une attention médicale urgente.
- Fractures et blessures musculéo-squelettiques : Lorsqu'un objet lourd tombe d'une hauteur, il peut provoquer des fractures osseuses et des blessures musculéo-squelettiques chez les travailleurs. Les membres inférieurs, les bras, les épaules et le dos sont particulièrement vulnérables aux blessures causées par la chute d'objets.
- Dommages matériels : Les chutes d'objets peuvent également causer des dommages matériels importants. Les objets qui tombent peuvent endommager les équipements, les structures, les véhicules et d'autres biens sur le chantier. Cela peut entraîner des coûts de réparation ou de remplacement élevés.
- Impact psychologique : Les personnes qui sont témoins d'une chute d'objet ou qui en sont victimes peuvent subir un impact psychologique important. Cela peut inclure des traumatismes émotionnels, des troubles anxieux, des troubles du sommeil et d'autres problèmes de santé mentale qui nécessitent un soutien et une prise en charge appropriés.
- Perte de confiance et productivité réduite : Les travailleurs qui ont été impliqués dans des incidents de chute d'objet peuvent perdre confiance en eux et en leur environnement de travail. Cela peut entraîner une baisse de la productivité, des retards dans les projets et une diminution de la qualité du travail.

### 3. Règlements et normes de sécurité pour le travail en hauteur :

#### 3.1 Exigences légales pour la protection des travailleurs en hauteur :

- Évaluation des risques : Les employeurs sont tenus de réaliser une évaluation des risques spécifique aux travaux en hauteur. Cela comprend l'identification des dangers potentiels, tels que les risques de chute, d'écrasement, de glissement ou de renversement, et l'évaluation des conséquences possibles. Cette évaluation permet de déterminer les mesures de prévention appropriées à mettre en place pour garantir la sécurité des travailleurs.
- Équipements de protection individuelle (EPI) : Les employeurs ont l'obligation de fournir des EPI adaptés aux travailleurs qui effectuent des travaux en hauteur. Cela peut inclure des harnais de sécurité, des cordes d'ancrage, des dispositifs antichute, des casques, des gants, des chaussures de sécurité, des lunettes de protection, etc. Les EPI doivent être conformes aux normes nationales en vigueur et être en bon état de fonctionnement. Les travailleurs doivent être formés à l'utilisation correcte des EPI et être informés de leur importance pour leur sécurité.
- Formation et sensibilisation : Les employeurs doivent dispenser une formation adéquate aux travailleurs effectuant des travaux en hauteur. Cette formation doit couvrir les aspects spécifiques liés aux travaux en hauteur, tels que les techniques de montée et de descente, l'utilisation des EPI, les procédures de sécurité, la reconnaissance des dangers, les mesures de prévention des chutes, les procédures d'urgence, etc. Les travailleurs doivent également être sensibilisés aux risques spécifiques associés aux travaux en hauteur et aux mesures de prévention à prendre.
- Surveillance et supervision : Les employeurs doivent désigner des personnes qualifiées pour surveiller les travaux en hauteur et assurer une supervision adéquate. Ces personnes doivent s'assurer que les travailleurs respectent les procédures de sécurité, utilisent correctement les EPI, évitent les comportements à risque et signalent tout problème de sécurité. La surveillance doit être continue pour prévenir les situations dangereuses et prendre des mesures correctives si nécessaire.

### 3.2 Réglementation et les normes de travail en hauteur en Algérie :

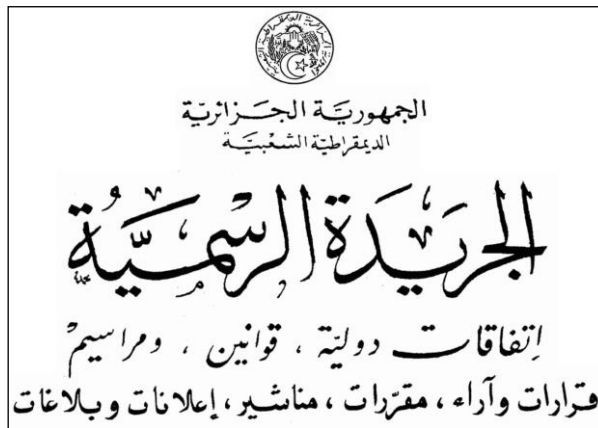


Figure 9. journal officiel Algérien

- **Loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail :** Cette loi établit les principes fondamentaux de la sécurité au travail en Algérie. Elle vise à protéger la santé et la sécurité des travailleurs et à promouvoir des conditions de travail saines et sécurisées. La loi met l'accent sur la prévention des risques professionnels, y compris ceux liés aux travaux en hauteur, et prévoit des mesures visant à garantir la sécurité des travailleurs.
- **Décret exécutif n° 91-05 du 19 janvier 1991 relatif aux mesures de sécurité et de santé au travail sur les chantiers de bâtiment, de travaux publics et d'hydraulique :** Ce décret exécutif spécifique s'applique aux travaux sur les chantiers de construction en Algérie. Il impose des mesures de sécurité et de santé à respecter, y compris pour les travaux en hauteur. Le décret établit des exigences en matière d'accès sécurisé, de protection contre les chutes, de formation des travailleurs et de supervision des travaux.
- **Arrêté du 26 mars 1991 relatif aux règles de sécurité applicables aux travaux réalisés en hauteur :** Cet arrêté précise les règles spécifiques de sécurité qui doivent être suivies lors des travaux en hauteur. Il couvre divers aspects tels que l'utilisation d'échelles, d'échafaudages, de nacelles élévatrices et d'autres équipements pour accéder en hauteur. L'arrêté fixe les exigences de sécurité et les procédures à respecter pour garantir la protection des travailleurs.
- **Norme algérienne NA 2870 :** Cette norme nationale algérienne fournit des directives et des exigences détaillées concernant la sécurité des travaux en hauteur en Algérie. Elle peut inclure des aspects tels que l'utilisation de dispositifs de protection contre les chutes, les systèmes d'ancrage, les échafaudages, les moyens d'accès sécurisés, la

formation des travailleurs, les inspections et les certifications. Il est important de se référer à cette norme pour assurer la conformité aux exigences nationales en matière de sécurité lors des travaux en hauteur<sup>9</sup>

### 3.3 Normes et recommandation en matière de sécurité (travaux en hauteur) :

- **Norme ISO 45001 :2018 - Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail** : Cette norme internationale fournit un cadre pour établir, mettre en œuvre et améliorer un système de management de la santé et de la sécurité au travail. Elle met l'accent sur l'identification des dangers, l'évaluation des risques, la mise en place de mesures de prévention appropriées, la formation des travailleurs et la participation active de tous les niveaux de l'organisation dans la promotion de la sécurité. La norme ISO 45001 :2018 est utilisée pour assurer une approche systématique et cohérente de la gestion de la sécurité dans les travaux en hauteur.
- **Norme ISO 31000 :2018 - Management du risque** : Cette norme internationale fournit des principes et des lignes directrices pour la gestion du risque dans tous les domaines d'activité. Elle encourage l'identification des risques associés aux travaux en hauteur, leur évaluation et leur gestion proactive. La norme ISO 31000:2018 aide les organisations à établir des processus efficaces pour identifier les dangers, évaluer les risques, prendre des décisions éclairées et mettre en œuvre des mesures de prévention appropriées.<sup>10</sup>

### 3.4 Recommandations de l'Organisation internationale du Travail (OIT) :

Lignes directrices sur la prévention des chutes de hauteur dans l'industrie de la construction : Ces recommandations de l'OIT fournissent des orientations détaillées sur les mesures de prévention des chutes de hauteur spécifiquement dans le secteur de la construction. Elles couvrent des aspects tels que la conception sécurisée des échafaudages, l'utilisation correcte des harnais de sécurité, les méthodes de travail sûres en hauteur, la formation des travailleurs, etc.

Lignes directrices techniques sur la prévention des chutes de hauteur dans l'industrie du bâtiment : Ces recommandations de l'OIT sont spécifiques à l'industrie du bâtiment et fournissent des conseils pratiques sur la prévention des chutes de hauteur lors de la construction, la rénovation et l'entretien des bâtiments. Elles abordent des sujets tels que l'évaluation des risques, les mesures de prévention collectives et individuelles, la planification des travaux en hauteur, etc.<sup>11</sup>



## **Conclusion**

Le travail en hauteur présente des risques significatifs pour la sécurité des travailleurs. Cependant, en mettant en place des mesures préventives adéquates, il est possible de réduire ces risques et de garantir un environnement de travail plus sûr.

La prévention des risques liés au travail en hauteur repose sur plusieurs éléments clés. Tout d'abord, la sensibilisation et la formation des travailleurs sont essentielles pour les informer des dangers spécifiques et des mesures de sécurité à prendre. Cela leur permettra d'identifier les risques potentiels et de les éviter de manière proactive.

Il est également impératif de se conformer aux normes et réglementations en matière de sécurité au travail. Ces normes fournissent des lignes directrices précises sur les mesures de prévention à mettre en place et les équipements à utiliser pour assurer la sécurité des travailleurs en hauteur.

En conclusion, en adoptant une approche proactive axée sur la sensibilisation, la formation, l'utilisation adéquate des EPI et le respect des normes de sécurité, il est possible de réduire les risques liés au travail en hauteur. Cela permet de créer un environnement de travail plus sûr et de protéger la vie et la santé des travailleurs.

## Chapitre 02 : équipements spécialisés en travail en hauteur

## Introduction

Le travail en hauteur et ces risques sont inhérents, il est impératif de considérer non seulement la nature de ces risques, mais aussi les moyens nécessaires pour les contrer. Ce deuxième chapitre constitue une avancée naturelle à partir d'une exploration initiale du travail en hauteur et de ses défis, présentée dans le chapitre précédent. Alors qu'elle plongé les méandres des dangers potentiels liés à ces environnements exigeants, il est maintenant temps d'examiner les outils et les équipements conçus pour protéger les travailleurs confrontés à ces défis vertigineux.

Le travail en hauteur ne peut être considéré sans l'étude approfondie des équipements spécialisés qui sont à la base de la sécurité dans ces conditions uniques. Ces équipements ne sont pas seulement des outils, mais des boucliers, des garde-fous, et des garants de la vie humaine. Ils sont conçus pour prévenir les chutes et minimiser les risques tout en permettant aux travailleurs d'accomplir leurs tâches en toute confiance.

Ce chapitre se penchera sur les multiples facettes de la protection dans le domaine du travail en hauteur. En explorant les équipements spécialisés, des outils conçus pour lutter contre les risques spécifiques aux environnements en élévation, et en détaillant également les équipements de protection collective et individuelle, qui constituent un dernier rempart entre les travailleurs et les dangers mortels.

Cette exploration approfondie permettra de découvrir la conception de ces équipements, choisis et utilisés pour garantir la sécurité des travailleurs en hauteur. En mettant en lumière les normes et réglementations qui régissent leur utilisation, garantissant ainsi un cadre juridique essentiel pour la sécurité dans le domaine du travail en hauteur.

Ce chapitre vise à établir une base solide pour l'étude de l'amélioration du harnais de sécurité à travers l'intégration de capteurs. En comprenant la toile de fond complexe des équipements de protection dans ce contexte spécifique, il sera mieux préparé à discuter des innovations qui pourraient potentiellement révolutionner la sécurité des travailleurs en hauteur.

## 1. Équipements spécialisés pour le travail en hauteur :

Les équipements spécialisés pour le travail en hauteur sont conçus pour améliorer la sécurité des travailleurs qui accomplissent des tâches en hauteur. Ces équipements ont pour objectif la prévention des chutes, la réduction des risques et la protection individuelle des travailleurs. Ces équipements spécialisés sont listés ci-dessous.

### 1.1 Equipements permanents :

Il existe un nombre important d'équipements de travail en hauteur pouvant répondre aux obligations réglementaires, Les équipements ou les dispositifs de protection majeurs sont décrits comme suit :

#### 1.1.1 Garde de corp :

Est un système de fixation utilisé pour protéger les travailleurs contre les chutes lors de travaux en hauteur et aussi est un moyen de protection collective qui empêche la chute. Il doit être installé en bordure du vide, sur les côtés d'un plancher, d'un toit, d'une plateforme, d'un échafaudage, d'un escalier ou d'une rampe. Le garde-corps doit être installé à tout endroit d'où un travailleur risque de tomber, soit :

- Dans un liquide ou une substance dangereuse
- D'une hauteur de 1,2 m ou plus s'il utilise une brouette ou un véhicule
- D'une hauteur de plus de 3 m dans les autres cas

Il doit être composé :

- D'une lisse supérieure posée à plat, située entre 1 m et 1,2 m
- D'une traverse intermédiaire à mi-hauteur
- D'une plinthe installée au niveau du plancher pour retenir les objets et les outils

Le garde-corps doit résister à une force horizontale de 900 N (200 lbf) et à une force verticale de 450 N (100 lbf).<sup>12</sup>

Les garde-corps peuvent prendre plusieurs formes et s'adaptent à chaque emplacement à sécuriser situer à l'intérieur ou à l'extérieur du logement. Un bon garde-corps doit :

- Être constitué de poteaux solidement fixés au sol,
- Avoir des dimensions adéquates avec la zone à sécuriser,

- Avoir un remplissage suffisamment dense pour empêcher qu'un corps ne passe au travers, qu'il s'agisse d'un objet volumineux ou d'un jeune enfant.
- Norme et réglementation :
  - Le garde-corps est obligatoire en présence d'un risque de chute de plus de 1 mètre de hauteur.
  - **L'article R4323-59** du Code du travail définit les conditions à respecter sur un chantier situé en hauteur. Le texte fixe des critères précis quant aux caractéristiques du garde-corps, ou à défaut de la solution de sécurisation à mettre en place. Ces précautions se heurtent à un autre texte, normatif cette fois-ci. Il s'agit de la norme NF P01-012. Très précise, elle régit le choix du remplissage lorsque la hauteur de chute est égale ou supérieure à un mètre. Le garde-corps doit être doté d'un remplissage plein dans un matériau robuste sur les 45 premiers centimètres à partir du bas. Cette norme a pour objectif d'empêcher les jeunes d'enfants d'escalader le garde-corps.

### 1.1.2 Echelles :

Les échelles de travail en hauteur sont des équipements utilisés pour accéder à des zones situées en hauteur lors de travaux ou d'activités nécessitant une élévation temporaire. Ils sont habituellement composés de montants verticaux reliés par des barreaux horizontaux, permettant à une personne de monter et de bouger verticalement. Ces échelles sont conçues pour être portables et faciles à installer, ce qui les rend pratiques pour les tâches qui nécessitent un accès en hauteur de courte durée.

On retrouve plusieurs types d'échelles qui sont comme suivants :

- L'échelle simple ou droite en aluminium : elle dispose d'un seul plan et nécessite d'être adossée à un mur ou à un support vertical.
- L'échelle transformable parfois aussi appelée échelle double : ce sont deux échelles adossées l'une à l'autre, elle ne nécessite donc pas de surface d'appui.
- L'échelle d'arboriculteur : parfaitement adaptée pour la cueillette.
- L'échelle télescopique : elle prend très peu de place une fois rangée.
- L'échelle à crinolines : souvent utilisée pour des accès difficiles ou pour l'évacuation.

- L'échelle articulée : constituée de deux plans, elle peut être configurée de plusieurs manières différentes.<sup>13</sup>

➤ Norme et réglementation :

Il existe un certain nombre d'articles et de décrets européens sur les normes et les règlements concernant les échelles qui sont comme suivants :

- **Article R4323-81 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ L'employeur s'assure que les échelles, escabeaux et marchepieds sont constitués de matériaux appropriés compte tenu des contraintes du milieu d'utilisation. Ces matériaux et leur assemblage sont d'une solidité et d'une résistance adaptées à l'emploi de l'équipement et permettent son utilisation dans des conditions adaptées du point de vue ergonomique. “

- **Article R4323-82 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ Les échelles, escabeaux et marchepieds sont placés de manière à ce que leur stabilité soit assurée en cours d'accès et d'utilisation et que leurs échelons ou marches soient horizontaux. “

- **Article R4323-84 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ Les échelles portables sont appuyées et reposent sur des supports stables, résistants et de dimensions adéquates notamment afin de demeurer immobiles.

Afin qu'elles ne puissent ni glisser ni basculer pendant leur utilisation, les échelles portables sont soit fixées dans la partie supérieure ou inférieure de leurs montants, soit maintenues en place au moyen de tout dispositif antidérapant ou par toute autre solution d'efficacité équivalente. “

- **Article R4323-86 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ Les échelles composées de plusieurs éléments assemblés et les échelles à coulisse sont utilisées de telle sorte que l'immobilisation des différents éléments les uns par rapport aux autres soit assurée.

La longueur de recouvrement des plans d'une échelle à coulisse doit toujours être suffisante pour assurer la rigidité de l'ensemble. “<sup>14</sup>

## 1.2 Équipements temporaires non mécanisés :

L'équipement temporaire non mécanisé inclut beaucoup de matériaux, dont les principales familles sont présentées ci-dessous.

### 1.2.1 Les échafaudages :

Les échafaudages de travail en hauteur sont des structures spécifiquement conçues pour permettre aux travailleurs d'accéder en toute sécurité aux zones élevées lors de travaux de construction, de rénovation ou de maintenance. Ces systèmes d'échafaudage sont conçus pour fournir une plateforme stable et sécurisée pour que les travailleurs puissent exercer leurs fonctions.

On dénombre 08 types d'échafaudages, à savoir :

➤ Echafaudage simple :

L'échafaudage simple est souvent utilisé dans les travaux de maçonnerie en briques. Il est constitué d'un cadre unique de normes, de registres et de rondins posés qui est temporairement construit parallèlement au mur sur lequel on travaille. Il est monté à environ 1,2 mètre du mur.

➤ Echafaudage double :

L'échafaudage double est également appelé échafaudage de maçon, essentiellement parce qu'il est largement utilisé pour les travaux de maçonnerie en pierre. Ce type d'échafaudage est généralement plus solide et offre un meilleur support pour les travaux de construction que l'échafaudage (simple) de la couche de briques. L'échafaudage double diffère de l'échafaudage simple en ce qu'il comporte deux rangées de montants séparées par des registres pour un meilleur soutien. Notez qu'une seule rangée de normes est normalement fixée au sol dans le cas d'un échafaudage à couche de briques. Cette caractéristique est considérée comme plus faible, ce qui fait de l'échafaudage double un choix plus populaire pour de nombreux travaux de construction.

➤ Echafaudage en acier :

Ce type d'échafaudage est créé à l'aide de tubes d'acier fixés par des raccords et il est facile à monter ainsi qu'à désintégrer. L'échafaudage en acier présente de nombreux avantages, son coût est donc plus élevé, mais il offre des normes de sécurité plus élevées pendant la construction. La structure est solide, durable et résistante au feu. Malgré son coût, c'est l'un des échafaudages les plus

populaires aujourd'hui en raison de ses avantages. L'échafaudage en acier est principalement utilisé pour les constructions extérieures et les grandes structures.



**Figure 10.** échafaudage en acier

➤ Echafaudage prêt à l'emploi :

Ce type d'échafaudage est également fabriqué en acier, mais il s'agit d'échafaudages prêts à l'emploi, équipés d'accouplements et de cadres spéciaux, etc. Les échafaudages prêts à l'emploi sont disponibles sur le marché et sont prêts à être utilisés une fois achetés. Lors de l'utilisation de l'échafaudage breveté, la plate-forme de travail est fixée sur les supports, ces supports peuvent être ajustés au niveau requis ; ils peuvent différer selon le type d'échafaudage.

➤ Echafaudage en porte-à-faux :

L'échafaudage en porte-à-faux est constitué de montants qui s'appuient sur une succession d'aiguilles extraites par des trous dans le mur. Il peut être de type simple ou double. L'échafaudage en porte-à-faux de type simple consiste en des montants soutenus par une série d'aiguilles. L'échafaudage en porte-à-faux de type double, en revanche, est constitué d'aiguilles et de poutres en saillie qui s'enfoncent dans le sol par les ouvertures.





*Figure 11.échafaudage en porte-à-faux*

- Echafaudage suspendu :  
Les échafaudages suspendus sont utilisés pour divers travaux de réparation et d'entretien ainsi que pour la peinture. Il est principalement utilisé pour la peinture, car la plate-forme peut être réglée plusieurs fois à la longueur souhaitée. Les échafaudages suspendus sont créés à l'aide de cordes ou de chaînes attachées à la plate-forme pour l'ouvrier du bâtiment, qui est ensuite suspendue au toit avec la hauteur ajustée au niveau souhaité.
- Echafaudage sur trépied :  
Ce type d'échafaudage s'appuie sur des échelles mobiles de type trépied. Il se compose de plates-formes de travail supportées par des échelles mobiles et ne comporte ni normes ni plots. Ainsi, il peut être facilement déplacé d'un point à un autre. Les échafaudages sur tréteaux sont couramment utilisés pour les travaux de peinture ou les petites réparations à l'intérieur des pièces. L'utilisation des échafaudages sur chevalets est limitée à l'intérieur car la hauteur de ces échafaudages ne dépasse pas 5 mètres.
- Norme et réglementation :

Il y a un certain nombre d'articles et de décrets européens sur les normes d'échafaudage régissent le travail en hauteur et soulignent un certain nombre de points importants qui sont abordés ci-dessous :

- **Article R4323-70 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ La personne qui dirige le montage, le démontage ou la modification d'un échafaudage et les travailleurs qui y participent disposent de la notice du fabricant ou du plan de montage et de démontage, notamment de toutes les instructions qu'ils peuvent comporter.

Lorsque le montage de l'échafaudage correspond à celui prévu par la notice du fabricant, il est réalisé conformément à la note de calcul à laquelle renvoie cette notice.

Lorsque cette note de calcul n'est pas disponible ou que les configurations structurelles envisagées ne sont pas prévues par celle-ci, un calcul de résistance et de stabilité est réalisé par une personne compétente.

Lorsque la configuration envisagée de l'échafaudage ne correspond pas à un montage prévu par la notice, un plan de montage, d'utilisation et de démontage est établi par une personne compétente.

Ces documents sont conservés sur le lieu de travail. “

- **Article R4323-71 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ Une protection appropriée contre le risque de chute de hauteur et le risque de chute d'objet est assurée avant l'accès à tout niveau d'un échafaudage lors de son montage, de son démontage ou de sa transformation. “

- **Article R4323-73 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ La stabilité de l'échafaudage doit être assurée.

Tout échafaudage est construit et installé de manière à empêcher, en cours d'utilisation, le déplacement d'une quelconque de ses parties constituantes par rapport à l'ensemble. “

- **Article R4323-76 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ La charge admissible d'un échafaudage est indiquée de manière visible sur l'échafaudage ainsi que sur chacun de ses planchers. “<sup>15</sup>

### 1.2.2 Les plats formes :

#### a. Les plates-formes individuelles roulantes (PIR) :

Les plates-formes individuelles roulantes (PIR) sont des matériels destinés à être utilisés par un seul opérateur, pour des travaux accessibles à partir d'un plancher de travail situé à 2,50 m du sol au maximum. Elles sont qualifiées de « PIR portable » quand elles peuvent être manutentionnées par l'opérateur lui-même sans recours à un moyen de levage. Ce sont des matériels conçus pour les travaux de second œuvre et les travaux de nettoyage et d'entretien.<sup>16</sup> Ils sont conçus pour être légers et faciles à déplacer et équipés de plateformes larges et stables sur lesquelles les travailleurs peuvent se tenir debout et travailler en hauteur. Les plates-formes sont munies de dispositifs antidérapants pour éviter les glissades et assurer une prise solide et des roues pivotantes avec des freins pour faciliter leur déplacement d'un endroit à un autre. Les roues peuvent être verrouillées afin de stabiliser la plate-forme tout en travaillant.

Les PIR sont équipées de garde-corps, de plinthes et de rampes pour empêcher les chutes accidentelles depuis les plates-formes. Ces éléments de sécurité sont indispensables pour protéger les travailleurs.

#### b. Les plates-formes individuelles roulantes légères :

Ce sont des matériels légers et compacts en position repliée, conçus pour être manutentionnés et utilisés par un seul opérateur travaillant sur un plancher dont la hauteur maximale au-dessus du sol est de 1,50 m. Les PIRL peuvent franchir les ouvertures et les escaliers.<sup>17</sup>

Elles sont équipées d'une plate-forme spacieuse et stable sur laquelle les travailleurs peuvent se tenir et effectuer leurs tâches en hauteur. La plateforme est habituellement équipée de dispositifs antidérapants pour assurer une bonne adhérence. Les PIRL sont dotées d'éléments de sécurité essentiels tels que des garde-corps, des plinthes et des rampes pour prévenir les chutes accidentelles depuis la plate-forme. Ces éléments assurent la sûreté des travailleurs lorsqu'ils se trouvent sur la plateforme.

#### ➤ Norme et réglementation :

Le travail sur une plateforme exige la conformité avec certains des règlements suivants :

- **Normes européennes EN 131 :**

“ La norme EN 131 donne l'obligation à l'utilisateur de s'assurer du bon état du matériel qu'il utilise en opérant un contrôle avant de s'en servir. “

- **Décret 96-333 du 10 octobre 1996 :**

“ Ce décret est relatif à l'utilisation des équipements de travail mis à disposition pour des travaux temporaires en hauteur. Pour être conforme au décret 2004-924, il faut que la plateforme ait un garde-corps qui sécurise l'opérateur. Ce garde-corps doit donc être présent tout autour de la plateforme. Dans le cas d'un côté non sécurisé par un garde-corps, il faut absolument qu'il y ait un mûr, une machine ou tout autre support empêchant un risque de chute. “

- **Normes des plateformes individuelles : Norme PIRL :**

“ Les normes PIR et PIRL concernent les Plateformes Individuelles Roulantes. Elles sont garantes de hautes exigences en termes de fabrication et garantissent une charge de 150kg. “<sup>18</sup>

**1.2.3 Les protections périphériques temporaires pour travaux d'étanchéité en toiture :**

Ce sont des matériels spécialement destinés à former une protection collective durant des travaux d'étanchéité en toiture (toiture terrasses ou toiture à faible pente, angle avec le plan horizontal inférieur à 10°). Leur fonction principale est d'empêcher la chute de personnes et d'objets. Cette protection comporte un ensemble de potelets, une lisse haute située au moins à 1 m du plan de travail Et un remplissage intermédiaire par fil. Si Elle n'est pas fixé sur des acrotères, elle est complétée par une plinthe.<sup>19</sup>

Les protections périphériques temporaires peuvent prendre différentes formes et sont choisies en fonction des besoins spécifiques du chantier et des réglementations locales en matière de sécurité. Les dispositifs les plus couramment utilisés incluent :

➤ **Filet de sécurité :**

Les filets de sécurité font partie du plan de protection contre les chutes. Les lieux de travail présentant un risque de chute doivent disposer d'un plan de protection contre les chutes, ils peuvent être installés soit comme une barrière pour prévenir une chute, soit sous le travail pour retenir un travailleur qui tombe. Les filets de sécurité sont conçus pour réduire la distance d'une chute, pour absorber l'énergie d'une chute et pour réduire la probabilité ou la gravité d'une blessure.



*Figure 12. filet de sécurité*

➤ Norme réglementation :

Les opérateurs effectuant des travaux en hauteur sont exposés à des risques de chute dont les conséquences peuvent être graves voire mortelles. Les normes pour travaux en hauteur françaises NF EN 1263.1 et EN 1263.2 indiquent les exigences de sécurité, les méthodes d'effort et les exigences de protection de sécurité pour protéger les personnes des Chutes d'Altitude.

- **Norme pour travaux en hauteur EN 1263.1 :**

“ La norme pour travaux en hauteur EN 1263.1 trouve son application dans les filets de sécurité, les applications dans la construction et les travaux de montage, dans ses accessoires, pour protéger les chutes de hauteur. Concrètement, il s'agit de l'exposant des conditions et des procédures de sécurité de l'effort de rougissement de la sécurité. Basé sur le composite des fibres de polypropylène ou de polyamide avec lesquelles les filets sont fabriqués. “

- **Norme pour travaux en hauteur EN 1263.2 :**

“ La norme pour le travail en hauteur EN 1263.2 comprend les exigences de sécurité pour l'installation de filets de sécurité selon le manuel d'instructions du fabricant et les spécifications du produit. En outre, il définit également les conditions de test des systèmes de filet de sécurité S, T, U et V. “<sup>20</sup>

➤ Systèmes de ligne de vie temporaires :

Une ligne de vie horizontale temporaire est un dispositif de protection individuelle utilisé dans le cadre de travaux en hauteur. Elle permet de créer un système d'ancrage pour les travailleurs qui évoluent sur un toit, une plateforme ou une structure élevée.

La ligne de vie horizontale temporaire est constituée d'un câble en acier fixé à des points d'ancrage solides.

Elle est équipée d'un système de glissière qui permet de suivre les mouvements du travailleur et de maintenir une tension constante sur le câble.<sup>21</sup>



*Figure 13. système de ligne de vie temporaire*

➤ Norme et réglementation :

- La réglementation impose un contrôle périodique annuel par une personne compétente. Ce contrôle doit être enregistré dans le registre de sécurité de l'entreprise.
- Les fils des coutures sont d'une autre couleur pour faciliter le contrôle visuel. Les extrémités de sangles sont soudées par ultrason pour empêcher de démonter le harnais.
- La **norme EN 795-B** est la réglementation de référence pour tout ce qui concerne les lignes de vie temporaires.
- La **norme EN 795-A** est la réglementation de référence pour les points d'ancrage.
- La **norme EN 362** est la réglementation de référence pour les connecteurs (il faut savoir que suivant le type de matière de la ligne de vie, il faut adapter les



connecteurs. Il faut donc bien se référer aux textes et caractéristiques des produits pour être sûr de leur compatibilité).

- Au niveau du **code du travail** : Les établissements et locaux de travail doivent être aménagés de manière à ce que leur utilisation garantisse la sécurité des travailleurs. Les décrets en conseil d'Etat prévus à l'article L.411-6 déterminent les conditions d'application.<sup>22</sup>

### 1.3 Equipements temporaires mécanisés :

Les équipements mécanisés conçus pour l'accès en hauteur sont nombreux. Les plus utilisés sont présentés ci-dessous. Le choix de ces équipements dépend de la nature du travail à exécuter et de la performance souhaitée.

#### 1.3.1 Plates-formes élévatrices mobiles de personnel (PEMP) :

Les plateformes élévatrices représentent des engins servant à faciliter l'accès à une zone de travail en hauteur. Elles permettent d'effectuer aisément les travaux de maintenance, de réparation, d'entretien ou encore de nettoyage. Son rôle principal consiste à faciliter le déplacement, Elle reste stable et permet aux utilisateurs de travailler à la bonne hauteur, en toute sécurité, pendant de longues heures, quasiment comme s'ils travaillaient à même le sol. Elle peut accueillir un utilisateur et possède une rambarde protectrice pour assurer la sécurité des opérateurs.

- Les plateformes élévatrices de personnel sont conformes à la norme **EN 280**.



Figure 14.plateforme élévatrice mobile de personnel

#### 1.3.2 Plates-formes de travail suspendues :

Les plates-formes de travail suspendues anciennement dénommés « échafaudages volants » sont destinées aux travaux en façade des ouvrages. Elles sont constituées d'une plate-forme qui est suspendue par des câbles à des supports positionnés en partie haute de l'ouvrage. Ces équipements permettent la mise à niveau d'un poste de travail temporaire, avec l'avantage de ne pas dépendre de la hauteur de l'ouvrage. Ils permettent d'emporter des matériaux peu encombrants et de faible charge ; leur utilisation est donc adaptée aux travaux de ravalement de façade.

- La conformité de ces équipements aux exigences minimales de solidité, de stabilité et de sécurité peut être évaluée en référence à une norme (NF EN 1808).<sup>1</sup>



Figure 15.plateforme de travail suspendu

### 1.3.3 Plates-formes de travail se déplaçant le long de mâts :

Les plates-formes de travail sur mâts sont constituées d'une plate-forme de travail qui s'élève le long d'un ou plusieurs mâts fixés à la façade. Ces équipements ont une capacité d'élévation de charge importante et permet le stockage de matériaux et d'outillage. Certains de ces équipements sont dotés de plates-formes extensibles dans le sens de la profondeur permettant de s'ajuster au profil de la façade.

- La conformité de ces équipements aux exigences minimales de solidité, de stabilité et de sécurité peut être évaluée en référence à une norme (NF EN 1495).





*Figure 16.plate-forme de travail se déplaçant le long de mâts*

## 2. Équipement de protection :

Dans le monde professionnel, la sécurité des travailleurs est une priorité indiscutable. Que ce soit sur des chantiers de construction, dans des installations industrielles ou dans d'autres environnements à risques, la prévention des accidents est au cœur des préoccupations. Au cœur de cette prévention se trouvent les équipements de protection, des compagnons indispensables pour ceux qui évoluent dans des situations potentiellement dangereuses. L'utilisation de ces équipements est une obligation légale pour les employeurs et ils doivent également respecter les consignes de sécurité et utiliser les équipements de protection mis à leur disposition pour leur propre sécurité.

Les équipements de protection consistent en des équipements de protection collectifs et individuels.

### 2.1 Equipements de protection collective :

Un équipement de protection est un dispositif, un mécanisme, un appareil ou une installation qui, par sa conception (agencement et matériaux constitutifs), est capable d'assurer valablement la protection des salariés contre un ou plusieurs risques professionnels et d'en limiter ainsi les conséquences. Cet équipement est intégré ou ajouté aux moyens de production ou aux postes de travail. Il est dit de protection collective s'il assure indistinctement la sécurité du salarié affecté au poste et celle des autres personnes présentes à proximité.<sup>1</sup>

Selon l'INRS, Institut national de recherche et de sécurité,

« La fonction principale des équipements de protection collective consiste à réduire à un niveau acceptable les risques auxquels les travailleurs sont exposés. »<sup>23</sup>

Les équipements de protection collective permettent de protéger l'ensemble des salariés et sont dans ce sens à privilégier.

Quatre principes régissent les moyens de protection collective :

➤ La protection par éloignement (balisage, déviation...) :

La protection par éloignement est une mesure de sécurité qui consiste à éloigner les personnes ou les objets potentiellement dangereux les uns des autres afin de réduire les risques d'accidents. Cette méthode est couramment utilisée dans les installations industrielles et les équipements de haute technologie où une erreur de manipulation peut causer des dommages importants. Par exemple, les usines chimiques utilisent des zones de stockage éloignées pour stocker des produits dangereux et les centres de données informatiques séparent les équipements de traitement de données des sources de chaleur ou de vibration qui pourraient les endommager. La protection par éloignement est une mesure de sécurité passive qui n'implique pas l'utilisation de dispositifs de surveillance ou de contrôle actifs, mais elle nécessite une planification et une organisation minutieuses pour être efficace.

- **Balisage** : Le balisage est le processus consistant à marquer, signaler et identifier un itinéraire ou un sentier avec des symboles, des flèches, des panneaux ou des marques sur des surfaces telles que des arbres ou des pierres.

Le balisage de la sécurité chantier est l'une des interventions indispensables que les entreprises de construction doivent réaliser avant de commencer un travail. Cela concerne en particulier, les grandes industries ainsi que les BTP. Par exemple, lors d'un travail sur le chantier, si cela nécessite l'utilisation des matériels sophistiqués, ce balisage devient nécessaire. En réalité, sur chaque chantier, personne ne sait ce qui va vraiment se passer. Il est possible qu'avec le travail ainsi que les véhicules, il y a des risques d'avoir des incidents. Le balisage est sur ce cas, indispensable. De plus, pour que ce soit parfait, il faut l'accompagner d'une bonne maîtrise de la circulation dans les lieux. <sup>24</sup>



*Figure 17.balisage*

- La déviation en sécurité est une pratique qui consiste à reconnaître et à corriger les écarts de sécurité dans un environnement donné. Cela peut inclure des pratiques de sécurité non conformes, des comportements non sûrs, des processus inefficaces ou tout autre problème qui pourrait mettre en danger les personnes, les infrastructures et les données sensibles. La déviation en sécurité implique de signaler les problèmes de sécurité à la direction ou aux responsables de la sécurité et de travailler en collaboration avec eux pour résoudre ces problèmes. Cela contribue à assurer la sécurité et le bien-être de tous dans un environnement donné.
- La protection par obstacle (rambarde de sécurité...) :

La protection par obstacle est une mesure de prévention importante pour assurer la sécurité des personnes et des infrastructures dans divers contextes, tels que les bâtiments gouvernementaux, les aéroports, les centrales nucléaires, les stades, les centres commerciaux, les quartiers résidentiels et les sites industriels.

  - Rambarde de sécurité :

La rambarde de sécurité, en quelques mots, est toutes sortes de barrières de sécurité ou de garde-fous, de balustrade, de parapet, de garde-corps et de balustres. Elle sert de clôture ou d'appui de sureté. En général, il s'agit d'une clôture que l'on peut placer à divers endroits.<sup>21</sup>



*Figure 18.rambarde de sécurité*

➤ La protection par atténuation d'une nuisance :

La protection par atténuation d'une nuisance consiste à réduire ou limiter l'impact d'une nuisance sonore, visuelle ou environnementale sur les personnes ou l'environnement. Cette atténuation peut être obtenue en utilisant des techniques telles que l'isolation acoustique, l'éloignement, la végétalisation, l'utilisation de matériaux absorbants, ou encore l'installation de barrières physiques.

En bref, l'atténuation des nuisances est essentielle à la protection de la santé et du bien-être des citoyens et à la préservation de l'environnement et de la qualité de vie en général. Pour cela il y a plusieurs décrets qui imposent aux employeurs d'atténuer les nuisances qui sont comme suivant :

- **Article R4431-1 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

Pour l'application du présent titre, les paramètres physiques utilisés comme indicateurs du risque sont définis comme suit :

- 1° Le niveau de pression acoustique de crête est le niveau de la valeur maximale de la pression acoustique instantanée mesurée avec la pondération fréquentielle C ;
- 2° Le niveau d'exposition quotidienne au bruit est la moyenne pondérée dans le temps des niveaux d'exposition au bruit pour une journée de travail nominal de huit heures ;
- 3° Le niveau d'exposition hebdomadaire au bruit est la moyenne pondérée dans le temps des niveaux d'exposition quotidienne au bruit pour une semaine nominale de cinq journées de travail de huit heures.

Un arrêté conjoint des ministres chargés du travail et de l'agriculture précise le mode de calcul de ces paramètres physiques.<sup>25</sup>

- **Article R4213-5 Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

Les locaux dans lesquels doivent être installés des équipements de travail susceptibles d'exposer les travailleurs à un niveau d'exposition sonore quotidienne supérieure à 85 dB(A) sont conçus, construits ou aménagés, compte tenu de l'état des techniques, de façon à :

- 1° Réduire la réverbération du bruit sur les parois de ces locaux lorsque cette réverbération occasionne une augmentation notable du niveau d'exposition des travailleurs ;
- 2° Limiter la propagation du bruit vers les autres locaux occupés par des travailleurs.

➤ La protection par consignation d'une fonction dangereuse lors d'interventions :

La consignation est une procédure de mise en sécurité d'une installation. Elle vise à neutraliser les sources d'énergie pendant une opération de maintenance ou de réparation d'une machine. Les réparations s'effectuent alors en toute sécurité, sans que les équipements ne se remettent en marche. En effet, dans la plupart des cas, le salarié se croit en sécurité par le seul fait que l'équipement de travail soit à l'arrêt. Surtout pas !<sup>26</sup>

La protection par consignation consiste à mettre hors service une fonction dangereuse ou un équipement lors d'interventions pour les rendre inaccessibles ou inopérants. Cette procédure permet d'éviter tout risque d'accident ou de blessure pour le personnel intervenant. La consignation nécessite la mise en place d'une signalisation appropriée, l'utilisation de cadenas ou de dispositifs de blocage pour empêcher toute reconnexion involontaire et la mise en place d'une procédure écrite pour garantir la sécurité du personnel.

Cette procédure doit être appliquée chaque fois qu'une intervention est effectuée sur une fonction ou un équipement potentiellement dangereux tels que les machines, les installations électriques, les systèmes de chauffage, de climatisation, de plomberie, etc.

- La procédure de consignation est spécifiée par la **norme NFC 18-510** mais aussi par la directive **2009/104/CE** concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation des équipements de travail.<sup>26</sup>



*Figure 19. consignation hors service*

### 2.11 Équipements de protection individuelle :

Les équipements de protection individuelle sont des « dispositifs ou moyens destinés à être portés ou tenus par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ou sa sécurité » (Code du travail).

Ces équipements peuvent prendre différentes formes, plus ou moins complexes :

- Bouchons d'oreilles
- Lunettes de protection,
- Appareils de protection respiratoire,
- Systèmes d'arrêt des chutes...

Ils permettent de protéger les opérateurs contre des risques professionnels de diverses natures :

- Biologique (inhalation d'agents biologiques ...)
- Chimique (inhalation de vapeurs de solvants, contact des mains avec des produits chimiques...)
- Mécanique (chutes de hauteur, chocs à la tête, projections de particules dans les yeux...)
- Électrique
- Thermique (travail en chambre froide, projections de métal fondu ...)
- Rayonnements ionisants ou non ionisants (laser, ultraviolet...)
- Bruit...<sup>1</sup>

Les normes des équipements de protection individuelle :

- **L'article L. 230-2** précise que "L'employeur prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs de l'établissement, y compris les travailleurs temporaires. Ces mesures comprennent des actions de prévention des risques professionnels, d'information et de formation ainsi que la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés. Il veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes. Sans préjudice des autres dispositions du présent code, lorsque dans un même lieu de travail les travailleurs de plusieurs entreprises sont présents, les employeurs doivent coopérer à la mise en œuvre des dispositions relatives à la sécurité, à l'hygiène et à la santé selon des conditions et des modalités définies par décret en Conseil d'État."<sup>27</sup>
- Les Equipements de Protection Individuelle (EPI) sont régis par le règlement (UE) 2016/425 du parlement européen et du conseil du 9 mars 2016 pour répondre aux exigences essentielles de santé et de sécurité des travailleurs exposés à un ou plusieurs risques professionnels. Ce règlement définit donc des risques auxquels associer un EPI adapté, les modalités de mise sur le marché, avec la constitution de la demande d'examen UE de type et autre documentation associée.

Conformément à la législation, les EPI font l'objet d'un examen UE de type par un organisme notifié. Chaque vêtement est livré avec une vignette EPI cousue et une notice d'utilisation garantissant sa conformité aux exigences des normes revendiquées et aux dispositions essentielles du règlement 2016/425.<sup>28</sup>

Le règlement 2016/425 définit 3 catégories d'EPI selon les risques encourus :

**Tableau 5.**procédure de certification en fonction de la gravité et du degré de complexité des EPI

Catégorie de 'EPI	Gravité de risque	Procédure de certification	Exemples de risques
Contre les risques mineurs	01	Le fabricant auto-certifie l'EPI avec la rédaction d'un dossier qui documente le domaine de protection revendiqué pour attester de la	- Agression mécanique superficielle. - Contact avec des produits d'entretien

		conformité de l'EPI au domaine de protection revendiqué (rapport d'essai, fiche technique, marquage CE).	peu nocifs ou contact prolongé avec de l'eau.
Contre les risques importants	02	Ces EPI, plus complexes, font l'objet de tests de conformité aux normes européennes par un organisme habilité. Après validation l'organisme notifié délivre au fabricant une AET (Attestation d'Examen UE de type).	- haute visibilité, froid, soudeur, etc.
Contre les risques graves et mortels	03	Des tests de conformité aux normes européennes par un organisme habilité, et un contrôle qualité annuel obligatoire : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôles supervisés du produit à des intervalles aléatoires.</li> <li>- Assurance de qualité de la production</li> </ul> Tout EPI conforme à la norme européenne doit faire l'objet d'un marquage clair et	- Protection contre les grosses projections de métal en fusion, protection chimique, protection contre les dangers thermiques de l'arc électrique, etc.




		complet. Il doit être livré avec une notice d'entretien et d'utilisation.	
--	--	---	--




➤ Différents types d'équipements de protection individuelle :

Complémentaire aux moyens de protection collectifs, les EPI comportent une large gamme d'équipements, on distingue :

- E.P.I. pour la tête ;
- E.P.I pour les oreilles ;
- E.P.I. pour les yeux et le visage ;
- E.P.I. pour les voies respiratoires ;
- E.P.I. pour le corps ;
- E.P.I. pour les membres supérieurs ;
- E.P.I. pour les membres inférieurs ;

**Tableau 6.** type d'EPI et leurs principaux critères de sélection

Type d'EPI	Risque	Norme
Protecteurs oculaires ou visières 	Projection de particules ou de liquides. « Flash » de soudure (un produit par la soudure). Rayonnement.	Le port de protecteurs oculaires ou d'un protecteur facial est obligatoire pour tout travailleur. Ces protecteurs doivent être conformes à la norme <b>CAN/CSA Z94.3-92</b> :

Gants		<p>Perforation, coupure, brûlure, gelure, contact avec une matière dangereuse, radiation, irritation de la peau.</p>	<p>Protecteurs oculaires et faciaux pour l'industrie (<b>art. 343, RSST</b>).</p> <p>Le port d'un équipement de protection approprié à la nature de son travail est obligatoire pour tout travailleur exposé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>À des objets brûlants, tranchants ou qui présentent des arêtes vives ou des saillies dangereuses ;</li> <li>À des éclaboussures de métal en fusion ;</li> <li>Au contact de matières dangereuses (<b>art. 345, RSST</b>)</li> </ul>
Chausseur de sécurité		<p>Écrasement, choc électrique, perforation, coupure, brûlure, contact avec une matière dangereuse, glissement (chute).</p>	<p>Ces chaussures doivent être conformes à la norme <b>CAN/CSA-Z195-02</b> : Chaussures de protection (<b>art. 344, RSST</b>).</p>
Projecteur auditif		<p>Exposition à un environnement bruyant.</p>	<p>L'employeur doit notamment se conformer aux dispositions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exposition au bruit continu et au bruit d'impact (<b>art. 131 à 135, RSST</b>) ;</li> <li>Mesures correctives et EPI (<b>art. 136, RSST</b>) ;</li> <li>Conformité des protecteurs auditifs à la norme ACNOR</li> </ul>

Masque



Vêtement de protection



Casque de sécurité

	Z94.2-1974 : Protecteurs auditifs ( <b>art. 137, RSST</b> ) ; Affichage du port obligatoire des protecteurs auditifs ( <b>art. 138, RSST</b> ).
Inhalation de contaminants (produits chimiques, biologiques, poussières, etc.).	L'équipement doit être choisi, ajusté, utilisé et entretenu conformément à la norme <b>CSA Z94.4-93</b> : Choix, entretien et utilisation des respirateurs ( <b>art. 45, RSST</b> ). L'équipement doit être entreposé dans un endroit propre ( <b>art. 47, RSST</b> ).
Éclaboussure, brûlure, coupure, Exposition à des contaminants (chimiques, biologiques, etc.), Exposition à du rayonnement. Exposition à des risques électriques, exposition à une chaleur intense, exposition au froid, travail en plongée.	Le port d'un équipement de protection approprié à la nature de son travail est obligatoire pour tout travailleur exposé : À des objets brûlants, tranchants ou qui présentent des arêtes vives ou des saillies dangereuses ; à des éclaboussures de métal en fusion ; au contact de matières dangereuses ( <b>art. 345, RSST</b> ).
Chute d'objets lourds. Se cogner contre des objets.	Le port d'un casque de sécurité est obligatoire pour



Choc électrique.

tout travailleur exposé à être blessé à la tête par des impacts verticaux, par la pénétration d'objets qui tombent, par des chocs latéraux ou par un choc électrique (**art. 341, RSST**). Ce casque de sécurité doit être conforme à la norme **ANSI Z89. 1-1986** : Protective Headwear for Industrial Workers ou à la norme **CAN/CSA Z94.1-92** : Casques de sécurité pour l'industrie (si possibilité de choc latéral)

Harnais de sécurité



Risques de chute.

Travail en espace clos.

Le port d'un harnais de sécurité est obligatoire pour tout travailleur exposé à une chute de plus de 3 m sauf s'il est protégé par un dispositif lui assurant une sécurité équivalente ou s'il ne fait qu'utiliser un moyen d'accès ou de sortie (**art. 346, RSST**). Le harnais de sécurité doit être conforme à la norme **CAN/CSA Z259.10-M90** : Harnais de sécurité.

### 3. Harnais de sécurité :

#### 3.1 Définition d'harnais :

Un harnais de sécurité est un équipement de protection individuelle (EPI) conçu pour sécuriser un travailleur en empêchant les chutes ou en limitant leurs conséquences lorsqu'il effectue des tâches en hauteur ou dans des environnements potentiellement dangereux. Il est réglable pour s'adapter au corps de la personne qui le porte et est conçu pour répartir les forces générées pendant une chute, réduisant ainsi le risque de blessures graves.

En somme, le harnais de sécurité joue un rôle crucial dans la prévention des accidents en hauteur en offrant une protection vitale contre les chutes et en maintenant le travailleur en sécurité lors de tâches potentiellement risquées.

En outre :

- Le harnais de sécurité : est un équipement antichute fait de sangles en matériaux synthétiques, qui englobe tout le torse, passe entre les jambes, retient le bassin, est assujéti au corps avec un système de réglage par boucle et est muni d'un ou de plusieurs anneaux permettant de s'attacher à une corde.

- “ Le harnais de sécurité est destiné par exemple à vous retenir si en travaillant sur un toit vous glissiez et rouliez jusqu'au bord. “

- “ Le harnais de sécurité fait partie des E.P.I (Equipements de Protection Individuelle) de catégorie 3 (risques mortels). Il y a donc une obligation légale à les faire vérifier tous les ans par un organisme certifié. (Arrêté du 19/03/93 relatif à la vérification périodique des EPI) “<sup>29</sup>

- Harnais antichute :

Les harnais antichute sont les dispositifs de préhension du corps obligatoirement utilisés dans les systèmes d'arrêt des chutes. Ils sont constitués de sangles, boucles et autres éléments disposés de sorte que le harnais puisse être ajusté de manière appropriée sur le corps d'une personne afin de maintenir le porteur durant la chute et de répartir au mieux les efforts engendrés par l'arrêt de la chute. Ils doivent être conformes à la norme NF EN 361. <sup>1</sup>

### 3.2 Historique d'harnais :

- En **1920**, La ceinture de protection était l'une des premières versions d'un système antichute personnel, inspiré de l'équipement similaire porté par les

grimpeurs, elle était portée lâchement autour de la taille des employés travaillant à des hauteurs extrêmes.

- À partir des années **1940**, l'utilisation de harnais de sécurité par rapport aux ceintures de corps offrait une meilleure option d'équipement de protection contre les chutes. Les fabricants se sont inspirés d'équipements similaires portés par les parachutistes militaires. Les premiers harnais étaient encombrants et compliqués, mais la capacité des harnais à arrêter une chute était une grande amélioration par rapport à la ceinture de corps.
- En **1970**, L'utilisation de longes de sécurité a été ajoutée à la ceinture, en fixant la ceinture de sécurité à deux longes, le système a permis d'accroître la sécurité. Un système d'arrimage à 100% garantissait que si une longe se brisait, l'autre longe resterait intacte pour arrêter une chute.<sup>27</sup>
- Depuis les années **1990**, avec les progrès réalisés en matière de matériaux et de conception, le harnais est devenu l'élément indispensable du dispositif antichute : le système d'anneau en D dorsal, qui permet une répartition plus efficace du poids, et l'ajustement triangulaire réglable permet de sécuriser le travailleur sans entraver ses mouvements. Un équipement de protection individuelle (EPI) contre les chutes de hauteur qui répond aux normes strictes du Code du travail et aux exigences rigoureuses propres à chaque secteur de l'industrie.
- Depuis septembre **2002** la norme NF EN 361 fixe les exigences, les méthodes d'essai, le marquage, la notice d'information du fabricant et l'emballage des harnais d'antichute. D'autres types de dispositif de préhension du corps, spécifiés dans d'autres normes européennes - EN 358, EN 363, EN 813 ou EN 1497 - peuvent être incorporés dans le harnais d'antichute.<sup>30</sup>

### 3.3 Composants et type d'harnais :

#### 3.3.1 Composants d'harnais :

Un kit de harnais de sécurité est composé :

- D'un **système de liaison**, servant à freiner et arrêter la chute de l'utilisateur. Ce système est composé de :
  - D'une longe (corde, sangle, élingue ou chaîne) d'une longueur inférieure à 2 mètres.

- D'absorbeurs d'énergie, qui vont servir à amoindrir les effets ressentis pendant la chute en limitant la force de freinage.



**Figure 20.**longe antichute avec absorbeur d'énergie

Le système de liaison peut également être composé et/ou complété par :

- Une longe antichute à rappel automatique, constituée d'un tambour, autour duquel s'enroule une sangle, ainsi que d'un frein. Cette longe antichute s'adapte aux postes de travail avec un faible tirant d'air, comme sur des échafaudages ou des racks.
- Des antichute à rappel automatique, composés, comme la longe antichute, d'un tambour, d'un câble ou d'une sangle et d'un frein.
- Des antichute mobiles, qui vont permettre l'accrochage du système de liaison au harnais de sécurité.



**Figure 21.**sangle pour harnais de sécurité



**Figure 22.**sangle de prolongation du système d'antichute mobile



**Figure 23.** antichute à rappel automatique en sangle

- De connecteurs, qui viennent fixer le système de liaison au point d'accrochage du harnais et au point d'ancrage. Ils se verrouillent et sont soit incorporés au système de liaison, soit détachables de ce dernier. Ce sont en général soit des mousquetons, des crochets, des pinces à ressort ou des anneaux à tiges verrouillables. Si les connecteurs sont régulièrement sollicités, il convient d'utiliser des connecteurs à verrouillage automatique.



**Figure 24.** mousquetons pour harnais



**Figure 25.** anneaux d'accrochage



**Figure 26.** crochet pour harnais standard

- En outre, voici une démonstration des composants du système antichute travaillant en hauteur :



**Figure 27.** démonstration des composants du système antichute

- A. Ancrage : correspond à un point fixe fiable. Il a pour but de maintenir l'opérateur en cas de chute. L'ancrage doit être situé de préférence au-dessus de la tête afin de réduire la chute et l'effet pendulaire (le mouvement de balancier ainsi créé représente un risque sérieux de heurter un obstacle ou une structure adjacente).



- B. Préhension du corps : Le harnais est un dispositif de préhension du corps constitué de sangles ajustables et de boucles. Il a pour but de maintenir l'opérateur durant la chute et de répartir au mieux les efforts.
- C. L'élément de liaison est composé d'une longe de 2 mètres de longueur maximale, d'un absorbeur d'énergie et d'un connecteur de harnais. Il existe aussi des enrouleurs automatiques avec des longes rétractables enroulées sur un tambour équipé d'un système de tension et de rappel.

### 3.3.2 Types d'harnais :

Il existe 03 type :

➤ Le harnais antichute :

Ce type de harnais permet de réceptionner une chute éventuelle, il n'est pas adapté au maintien au travail, ni aux travaux sur cordes en suspension.

Les 2 points d'ancrage se situent en position sternale et dorsale pour qu'en cas de chute, l'utilisateur reste dans une position la plus verticale possible. Ces points sont matérialisés par un A.

Le harnais de base est destiné à un usage très occasionnel et de courte durée ou pour usage unique.



**Figure 28.**harnais antichute

➤ Le harnais antichute et de maintien au travail :

Ce type de harnais est conçu pour stopper une chute grâce aux 4 points d'accroches dorsal ou sternal. Il est équipé de 2 points latéraux sur la ceinture qui permettent de connecter une longe de maintien au travail. Cette longe offre un appui pour libérer les mains de l'opérateur et vient en complément de l'antichute. Les points de maintien au travail ne peuvent en aucun cas être utilisés séparément.



*Figure 29. harnais antichute et maintien au travail*

- Le harnais antichute, de maintien au travail et de suspension :

Il possède 05 points d'ancrages, il possède les mêmes ancrages que les harnais antichute précédents en plus un point supplémentaire ventral pour le secours et la suspension.



*Figure 30. harnais antichute, de maintien au travail et de suspension*

### 3.4 Choix et utilisation approprié a le harnais :

#### 3.4.1 Choix du harnais :

Le choix d'un harnais de sécurité approprié est indispensable afin d'assurer la sécurité des travailleurs en hauteur. Il faut tenir compte de :

- La taille : certains harnais de protection sont réglables en taille et adaptables à toutes les morphologies ;
- Le poids : un bon harnais travail en hauteur supporte jusqu'à 100 kg ;
- Le confort : les mesures de confort au niveau de la taille et des cuisses puis au niveau des bretelles évitent les frottements désagréables ;
- L'étiquette de marquage CE, relative à la norme de qualité ;
- La facilité d'enfilage : certains harnais de sécurité sont conçus pour être enfilés comme une veste.

Enfin, le harnais de sécurité antichute doit être facilement réglable à la taille.

### 3.4.2 Utilisation du harnais :

Le harnais de sécurité peut être utilisé de différentes manières, expliquées ci-après et démontrées ci-dessous :

- 1) Système de retenue : il est utilisé dans le cadre d'une opération ponctuelle, sans réel danger, qui nécessite un équipement de sécurité afin de protéger l'opérateur. Le harnais va permettre à l'utilisateur de pouvoir pratiquer en évitant les zones éventuelles de chute. Attention, un harnais de retenue n'est pas conçu pour arrêter une chute. Il va plutôt permettre à son utilisateur d'éviter d'accéder à une zone de danger présentant un risque de chute. La longueur de la longe et l'emplacement du point d'ancrage doivent être déterminés de telle sorte que l'utilisateur ne puisse pas accéder à la zone à risque.
- 2) Système de maintien au poste de travail : Le système de maintien permet à l'opérateur de travailler en suspension ou en appui, dans le but de réaliser des tâches à l'aide de ses mains. L'individu ne peut pas glisser ou tomber de sa zone de travail. L'utilisation d'un système de maintien est pratique lors de travaux ou de manipulations verticales pour avoir les mains libres. Il est nécessaire d'utiliser ce système conjointement à un système d'arrêt de chute.
- 3) Système d'arrêt de chute : Ces systèmes vont permettre d'arrêter une chute, et assurent la suspension de l'utilisateur après la chute. Les systèmes d'arrêt de chute sont composés d'un dispositif de préhension comme un harnais antichute, un point d'ancrage, et d'un élément de liaison. Il est recommandé d'utiliser un système d'arrêt de chute sous surveillance d'un autre opérateur afin d'anticiper un plan de sauvetage en cas de chute de l'individu.
- 4) Travail en suspension : souvent utilisé dans des situations difficiles d'accès comme les falaises ou les antennes. Il s'agit d'une technique d'accès avec des

cordes pour que l'utilisateur reste suspendu. Une vérification régulière du matériel est recommandée dans ce type de pratique. De plus l'installation et la préparation en amont sont très importantes, car un harnais mal serré, une sangle ouverte, un mousqueton défectueux, constituent un gros risque pour l'utilisateur.

- 5) Travail en espace confiné : un espace confiné est défini par l'INRS comme un espace totalement ou partiellement fermé. Il n'est pas destiné à être un lieu d'habitation, cependant il est possible de l'exploiter ponctuellement pour effectuer un entretien ou une vérification. Le travail en espace confiné consiste à progresser avec très peu d'espace comme par exemple : les égouts, les trous d'homme, les fosses. Dans la plupart de ces cas, l'opération se fera à l'aide d'un trépied antichute et d'un treuil de sauvetage. Pour un sauvetage dans un espace confiné, donc ils utilisent le harnais antichute avec 5 points et 2 boucles sur les épaules pour faciliter l'extraction d'une personne suite à un malaise ou une noyade.<sup>31</sup>

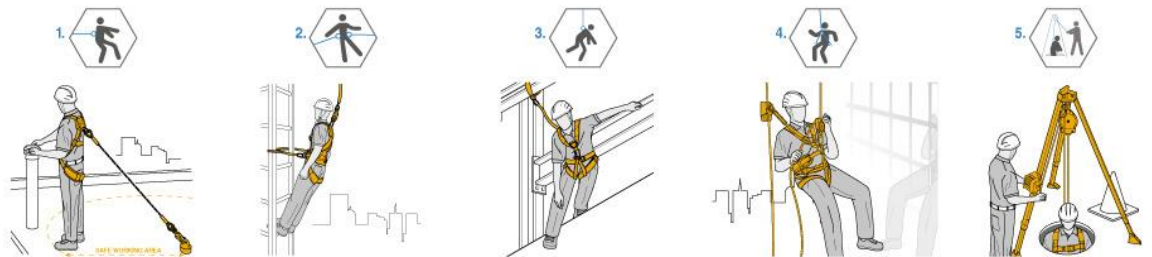


Figure 31. différentes méthodes d'utilisation du harnais

### 3.5 Norme et réglementation :

Le Code du Travail, les standards sur la santé et la sécurité au travail (OHSAS 18001 et ISO 45001) ainsi que les directives sur les EPI mentionnent les obligations en matière de harnais de sécurité. Ces standards sont complémentaires et la conformité aux critères y mentionnés peut-être servi de critère de choix d'une ceinture antichute.

- Norme **EN 361** : 2002 est un standard à respecter pour la vente de ceintures de sécurité antichute. Elle spécifie les exigences et les méthodes d'essai des harnais de sécurité dites « antichute ». Pour en faire un équipement de protection antichute, il doit avoir un crochet arrière et un

crochet sternum pour mieux éviter les chutes et réduire l'impact de la tondeuse, notamment avec une paire de cintres.

Selon ce standard européen, un harnais de sécurité antichute doit comprendre :

- Un accrochage dorsal et/ou sternal
- Des bretelles
- Des cuissardes
- Des boucles de réglage.

En revanche, le standard **EN 361** s'applique uniquement aux systèmes de protection antichute. Quant à un élagueur, il a besoin d'un système de support pour travailler en toute sécurité. Par conséquent, le harnais qu'il choisit doit répondre aux normes **EN 361** et **EN 358**.

- Norme **EN 358** : 1999 spécifie les exigences relatives aux matériels de maintien au travail, dont les harnais de sécurité et les longes ainsi que les ceintures de maintien au travail et de retenue. Effectivement, ces trois EPI disposent tous de points d'ancrage.

En revanche, cette norme exclut le harnais de sécurité disposant les caractéristiques indispensables pour être considéré comme harnais antichute. Effectivement, les points d'ancrage seront accrochés à un système de retenue et de maintien au travail. Par conséquent, ils ne supportent donc pas une chute supérieure à 0,5 m. Ainsi, le harnais de sécurité choisi pour ses travaux d'élagage doit répondre aux critères mentionnés dans le standard **EN 361** pour être considéré comme antichute.

- Norme **EN 12841** : 2006 cette norme s'applique aux dispositifs de réglage de corde utilisé dans des systèmes de maintien au travail. Elle dicte les exigences, les méthodes d'essai, le marquage et la notice d'informations du fabricant. Les dispositifs de réglage de corde conformes à ce standard peuvent être utilisés par une ou deux personnes simultanément. Cependant, ils ne conviennent pas aux systèmes d'arrêt des chutes.
- Norme **EN 813** : Cette norme européenne s'applique aux harnais équipés simplement d'une ceinture avec un accrochage sternal et des accrochages latéraux, et de cuissardes. Il faut signaler que ces harnais ne peuvent pas arrêter une chute, mais à la progression sur corde et au maintien au travail. Par ailleurs, ils permettent de connecter un descendeur et une ou plusieurs

longes de maintien ou de progression. Un harnais de sécurité répondant à la fois aux EN 813, EN 358 et EN 361 est considéré comme un harnais antichute complet et permet de maintenir l'élagueur pendant son travail.

➤ **Code du travail :**

- L'article R. 4321-1 du Code du travail, l'employeur doit fournir à chacun de ses employés un matériel adapté ainsi qu'une formation théorique et pratique.
- L'article R. 4323-104 à R. 4323-106 du Code du travail, il est stipulé que les formations qui sont à caractère obligatoire, doivent correspondre aux situations réelles de travail de l'employé et permettre le secours d'une victime d'accidents en plein chantier en hauteur. Il est donc de la responsabilité de l'employeur d'octroyer à son salarié des EPI appropriés au type de missions auquel ce dernier est affecté.<sup>32</sup>

➤ Formation au port du harnais :

Pour tous les employés amenés à utiliser un équipement de protection individuelle (EPI), l'employeur doit les faire bénéficier d'une formation adéquate comme le stipule **l'article R4323-105 du Code du travail**. Cette dernière doit absolument comprendre un entraînement au port de l'équipement dont il est question. De plus, il est très important de bien lire la notice du fabricant avant toute première utilisation d'un EPI.

- **Article R4323-106 (Création Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V) :**

“ L'employeur fait bénéficier les travailleurs devant utiliser un équipement de protection individuelle d'une formation adéquate comportant, en tant que de besoin, un entraînement au port de cet équipement.

Cette formation est renouvelée aussi souvent que nécessaire pour que l'équipement soit utilisé conformément à la consigne d'utilisation. “<sup>33</sup>

- Vérification et inspection du harnais :
- Il est recommandé pour l'utilisateur et l'employeur de vérifier la conformité de l'EPI. Les caractéristiques principales des harnais conformes doivent être également contrôlées et surveillées. Il s'agit en somme de la taille, du poids, du confort ainsi que des points d'ancrage.

- L'équipement doit être minutieusement inspecté et vérifié avant et après chaque usage.
- Pour que les harnais de sécurité durent dans le temps, il faut en prendre soin, aussi bien durant leur transport que leur stockage. Il faut ensuite inspecter régulièrement et méticuleusement l'ensemble des équipements : la quincaillerie, les coutures, les étiquettes, les matériaux des sangles, etc.

➤ **Note** : un harnais qui a déjà arrêté une chute :

Il n'est pas recommandé de réutiliser un harnais qui a déjà arrêté une chute. En effet, lorsque le harnais a subi une force d'impact significative, il peut subir des dommages qui ne sont pas visibles à l'œil nu. Même si le harnais semble en parfait état, ses composants internes peuvent être affaiblis ou endommagés. De fait, cela compromet son intégrité et sa capacité à assurer une protection adéquate.

La sécurité des compagnons est primordiale. Il est donc strictement recommandé de suivre les directives des fabricants et les normes de sécurité en matière d'EPI. Dans une majorité de cas, les fabricants de harnais antichute recommandent de retirer et de mettre hors service tout harnais ayant été impliqué dans une chute ou ayant subi un impact important.<sup>34</sup>

### Conclusion :

Pour conclure, ce chapitre offre une vue d'ensemble du monde des harnais de sécurité, mais il ne doit pas être considéré comme une fin en soi. Il s'intègre dans un écosystème plus vaste de protection en hauteur. Les équipements spécialisés pour le travail en hauteur et les équipements de protection collectifs et individuels jouent aussi un rôle vital dans cet écosystème.

Le harnais de sécurité, un élément fondamental pour la protection des travailleurs en hauteur. L'exploration a permis de parcourir les époques, depuis les origines modestes des dispositifs antichute jusqu'aux harnais de sécurité sophistiqués d'aujourd'hui. En examinant en détail chaque composant de ces harnais, des sangles aux points d'attache, en comprenant leur fonction et leur importance cruciale. La diversité des types de harnais a dévoilé la polyvalence de cet équipement, capable de s'adapter aux besoins spécifiques des tâches en hauteur. Le processus de choix d'un harnais approprié a été mis en lumière, soulignant l'importance de tenir compte des facteurs individuels et environnementaux pour garantir une protection optimale.

Cependant, il ne faut pas oublier que même le harnais de sécurité le plus avancé et le mieux équipé ne peut éliminer tous les risques et dangers potentiels qui restent, notamment les erreurs humaines, l'usure des équipements, les chutes latérales, et d'autres facteurs qui nécessitent une vigilance constante.



Chapitre 03 : Conception et Réalisation de  
l'Amélioration du Harnais de Sécurité

## Introduction :

Dans ce troisième chapitre, nous franchissons une étape cruciale de notre projet. Nous passerons de la théorie à la pratique en abordant la conception matérielle et logicielle ainsi que la réalisation concrète de notre proposition d'amélioration : l'intégration de capteurs dans le harnais de sécurité.

Ce chapitre représente la phase d'application de nos connaissances acquises au fil de cette étude. Nous allons explorer les aspects techniques de cette amélioration, en détaillant les composants matériels et logiciels nécessaires pour rendre cette innovation opérationnelle.

En fin de compte, ce chapitre est une étape cruciale qui nous rapproche de notre objectif de renforcer la sécurité des travailleurs en hauteur grâce à des innovations pratiques et efficaces.

## 1. Matérielle et logiciel

### 1.1 Arduino :

est un circuit imprimé sur lequel se trouve un microprocesseur (calculateur) qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la charge de batteries, la domotique (le contrôle des appareils domestique (éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, etc. C'est une plateforme basée sur une interface entrée/sortie simple et sur un environnement de développement utilisant la technique du Processing/Wiring. Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (ex: Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Les versions vendues actuellement sont pré-assemblées, des informations sont fournies pour ceux qui souhaitent assembler l'Arduino eux-mêmes. Le projet Arduino a reçu un titre honorifique à la Prix Ars Electronica 2006 dans la catégorie Digital Communities.



*Figure 32.arduino*

### 1.2.1 Description d'Arduino utilisé :

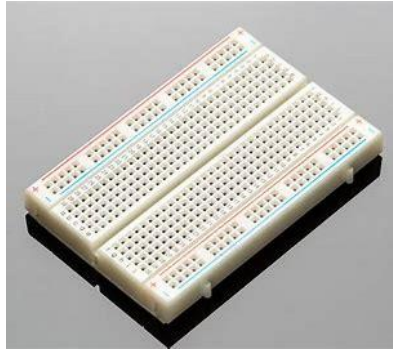
Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur Atmel AVR (ATmega328 ou ATmega1280 pour les versions récentes, ATmega168 ou ATmega8 pour les plus anciennes), et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles).



**Figure 33.**arduino AT méga 1280

### 1.2.2 BreadBoard

Un breadboard est simplement une planche de prototypage ou de construction de circuits. Il vous permet de placer des composants et des connexions sur la planche pour créer des circuits sans avoir à souder. Les trous dans le breadboard gèrent vos connexions en maintenant physiquement en place les composants ou les fils là où vous les mettez, et en les connectant électriquement à l'intérieur de la planche. La facilité d'utilisation et la rapidité sont idéales pour l'apprentissage et le prototypage rapide de circuits simples. Les circuits plus complexes et les circuits haute fréquence conviennent moins au breadboard. Les circuits réalisés sur un breadboard ne sont pas non plus idéaux pour une utilisation à long terme, comme les circuits construits sur une plaque de prototypage (protoboard) ou une carte de circuit imprimé (PCB), mais ils n'ont pas non plus les coûts de soudure (protoboard) ni les coûts de conception et de fabrication (PCB).<sup>35</sup>



*Figure 34. BreadBoard*

### 1.2.3 Capteurs :

#### ➤ **Module Wifi ESP-01 :**

L'ESP-01 est un module Wifi économique basé sur un ESP8266. Il peut être utilisé de façon autonome ou connecté en UART à un microcontrôleur.

L'ESP8266 est compatible TCP/IP et convient particulièrement aux projets d'objets connectés.

#### ➤ Programmation et communication :

- Ce microcontrôleur peut être programmé avec l'IDE Arduino (nécessite l'installation d'une extension).
- Un manuel en français est disponible sous l'onglet fiche technique.

#### ➤ Connectique : Les E/S (UART, alimentation, etc.) sont disponibles sur 2 x 4 broches mâles.

#### ➤ Contenu : 1 x module Wifi ESP-01

#### ➤ Caractéristiques :

- Alimentation : 3,3 Vcc
- Microcontrôleur : ESP8266
- Mémoire flash : 1 MB
- Interface Wifi : 802.11 b/g/n
- Compatible WEP, WPA-PSK, WPA2-PSK
- Wifi Direct (P2P) (station) ou soft-AP (accès point)
- Interface : 2 ports GPIO, UART, SPI
- Température de service : - 40 à 125 °C
- Dimensions : 25 x 15 x 12 mm
- Poids : 1 g

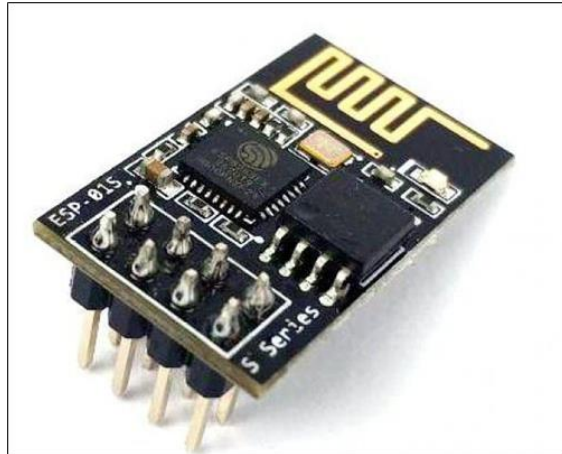


Figure 35.ESP-01

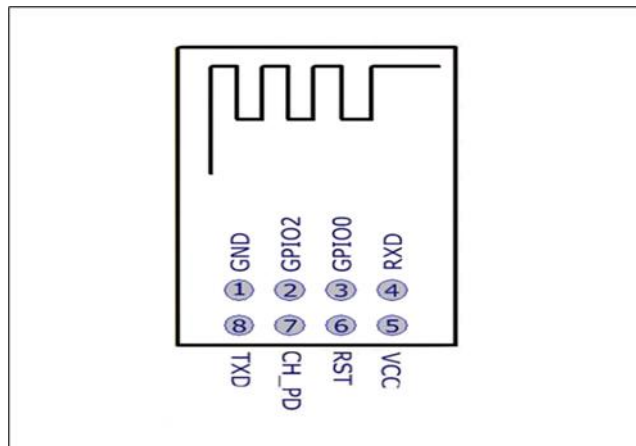


Figure 36. brochage du modèle ESP-01

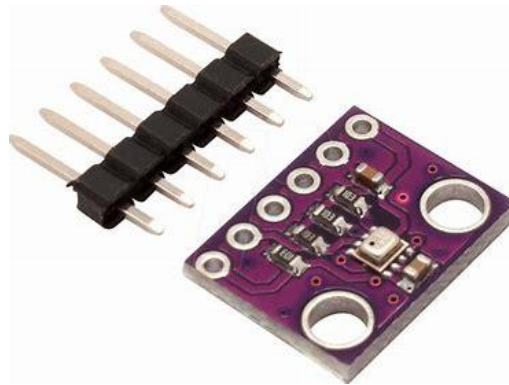
➤ **BMP 280 :**

BMP280 est un capteur de pression de haute précision, de petite taille et de très faible puissance qui peut être utilisé dans les appareils mobiles. Ses performances, la précision absolue la plus faible jusqu'à 0,2 Pa et sa faible consommation d'énergie, seulement 2,7  $\mu$ A. Le BMP280 utilise un puissant support de puce sans plomb (LCC) en céramique à 8 broches. Cet appareil peut être connecté SPI et également connecté I2C. Cela n'utilise pas d'alimentation 5V, vous devrez donc l'exécuter à partir de la broche 3.3V de votre Arduino.

Caractéristiques principales :

- Plage de pression : 300 ~ 1100hPa (altitude 9000 m ~ -500 m);
- Tension d'alimentation : 1.71V ~ 3.6V;
- Emballage LCC8 : Emballage en céramique sans plomb (LCC)
- Taille : 1,5 cm  $\times$  1,15 cm;
- Faible consommation d'énergie : 2.7 $\mu$ A;

- Haute précision : un mode basse consommation, la résolution de 0,06hPa (0,5 mètre);
- Le mode de linéarité élevée à une résolution de 0,2 Pa (1,7 cm) ;
- La température de sortie ;
- Interface I2C, interfaces SPI ;
- Compensation de température ;
- Aucun circuit d'horloge externe requis.



*Figure 37. Capteur BMP 280*

➤ **MPU6050** (Accéléromètre, gyroscope, interface de communication) :

Le MPU6050 est un circuit intégré (CI) qui combine un gyroscope à trois axes et un accéléromètre à trois axes dans un seul boîtier. Il est couramment appelé capteur à "6 degrés de liberté" (6DoF) car il peut mesurer le mouvement et l'accélération le long de trois axes. Le MPU6050 est spécifiquement conçu pour le suivi du mouvement, l'estimation de l'orientation et les applications de mesure inertielle

- Accéléromètre : est un appareil qui mesure la vibration ou l'accélération du mouvement d'une structure. La force provoquée par les vibrations ou un changement de mouvement (accélération) pousse la masse à « serrer » le matériau piézoélectrique qui produit une charge électrique proportionnelle à la force qui lui est exercée. Étant donné que la charge est proportionnelle à la force, et que la masse est une constante, la charge est donc également proportionnelle à l'accélération.
- Gyroscope : On appelle gyroscope un corps solide qui n'a qu'un seul point fixe. Son mouvement est une rotation autour de l'axe instantané de rotation qui peut

changer de direction à tout instant par rapport au corps. Le mouvement général d'un gyroscope est compliqué et très difficile à traiter mathématiquement. Afin de simplifier le problème, il est considéré dans cette expérience le cas le plus simple du gyroscope symétrique à rotation rapide tel qu'on le rencontre souvent en pratique (volant, boussole gyroscopique, stabilisateur, etc...).<sup>36</sup>

- Interface de communication I2C : (Inter-Integrated Circuit) est un protocole de communication série utilisé pour connecter des composants électroniques entre eux sur une même carte de circuit imprimé ou sur un réseau de communication courte distance. Elle permet le transfert de données bidirectionnel entre un maître (par exemple, un microcontrôleur) et des esclaves (par exemple, des capteurs, des actionneurs, des mémoires).



Figure 38.MPU6050

- **GPS NEO-6M :**

Le GPS NEO-6M fait référence à un module GPS fabriqué par u-blox, une entreprise suisse spécialisée dans les technologies de positionnement et de communication sans fil. Ce module GPS est utilisé pour déterminer avec précision la position géographique en utilisant des signaux provenant de satellites en orbite autour de la Terre. Le NEO-6M est souvent intégré dans des dispositifs tels que des systèmes de navigation, des drones et des appareils de suivi, permettant ainsi de connaître la localisation précise de ces dispositifs.<sup>37</sup>

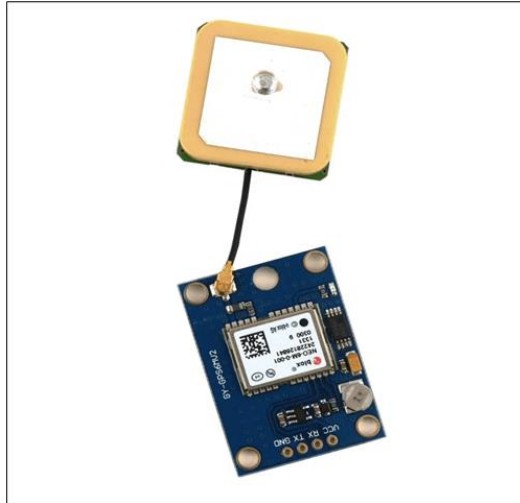


Figure 39.GPS NEO-6M

## 1.2 Logiciel :

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java multiplateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware (et le programme) au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

Le langage de programmation est une variante du C/C++, allégée et restreinte à l'utilisation de la carte, de ses entrées/sorties et des bibliothèques associées. Toute personne habituée à ces langages peut facilement développer des programmes sur les plateformes Arduino.<sup>38</sup>

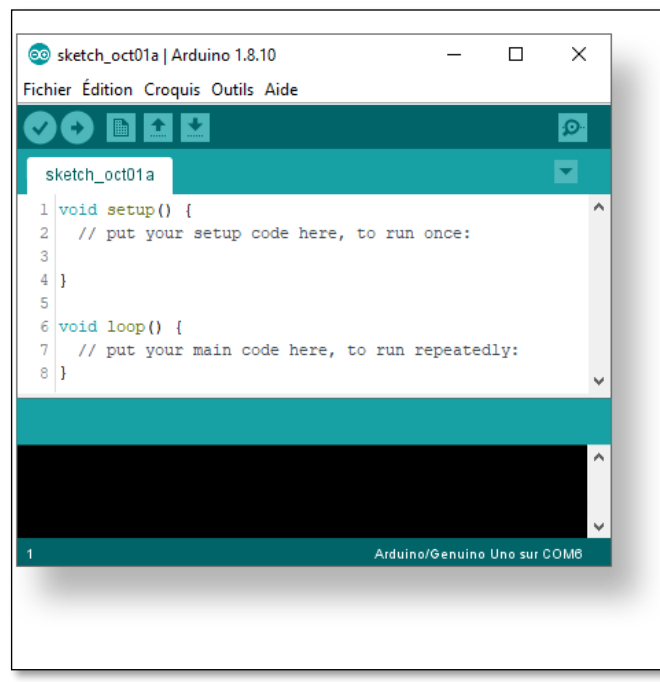


Figure 40. logiciel Arduino



La programmation requiert un convertisseur USB série adapté, voir le module ESP8266-Prog.

### 1.2.1 Type de communication utilisé :

- I<sup>2</sup>C : Un I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) est un bus informatique. Conçu par Philips pour les applications de domotique et d'électronique domestique, il permet de relier facilement un microprocesseur et différents circuits tout en réduisant le nombre de lignes nécessaires à seulement deux lignes : SDA (Serial DATA)

Le bus I<sup>2</sup>C permet de faire communiquer, par une liaison série synchrone, entre eux des composants électroniques très divers grâce à seulement trois fils :

- Un signal de donnée (SDA).
- Un signal d'horloge (SCL).
- La masse (0V).

Une des particularités de la liaison I<sup>2</sup>C est que l'on peut faire communiquer le maître (en général le microprocesseur) avec plusieurs esclaves (les autres circuits) en les reliant tous au même bus. Il faut uniquement mettre deux résistances de tirage de 4.7 K $\Omega$  sur les lignes SDA et SCL.

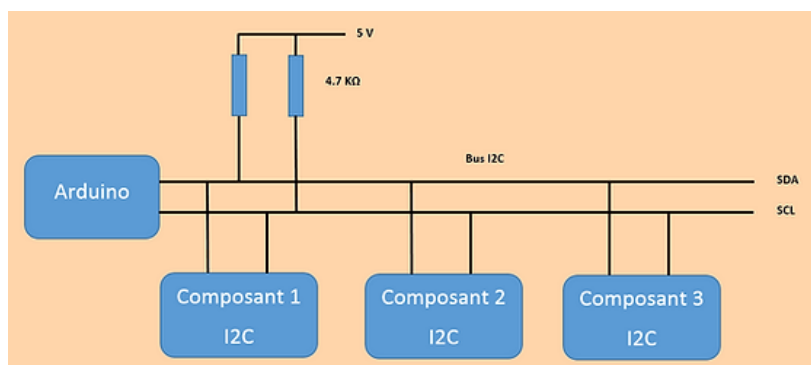


Figure 41. liaison I<sup>2</sup>C

La communication sur le bus est orchestrée de la manière suivante :

- Le maître envoie sur le bus l'adresse du composant avec qui il souhaite communiquer ; chacun des esclaves ayant une adresse fixe codée sur 7 bits.
- L'esclave qui reconnaît son adresse répond à son tour par un signal de confirmation, puis le maître continue la procédure de communication...(écriture/lecture).

Dans tous les cas, les transactions seront confirmées par un acquittement (ACK : acknowledge). ACK est actif à 0.

- Uart : pour Universal Asynchronous Receiver Transmitter, est un émetteur-récepteur asynchrone universel. En voici le principe pour un Arduino :

Transmission de données d'un équipement 1 (un microcontrôleur Arduino) à un équipement 2 (PC, GPS, émetteur Bluetooth, microcontrôleur ...). Données à transmettre existent sous forme parallèle (octet) et sont transmises sous forme série (LSB en premier) Données reçues sous forme série (LSB en premier ...:-) puis reconditionnées sous forme d'octet. Pour permettre une liaison plus rapide les données sont stockées dans un buffer (mémoire tampon) d'une capacité de 64 octets. Entre 2 équipements les fils sont croisés : Tx1 relié à Rx2 et Tx2 relié à Rx1 (voir figure) Les niveaux de tension sont de type TTL soit 0 V pour le niveau bas et +5V pour le niveau haut. Asynchrone car aucune horloge (bit clock) n'est transmise entre l'émetteur et le récepteur. Le récepteur ignore quand il va recevoir une donnée. Afin de faciliter l'interopérabilité entre périphériques des vitesses de transmission sont normalisées par multiples et sous-multiples de 9600 baud, l'unité baud correspondant à une vitesse de transmission d'un bit par seconde.<sup>39</sup>

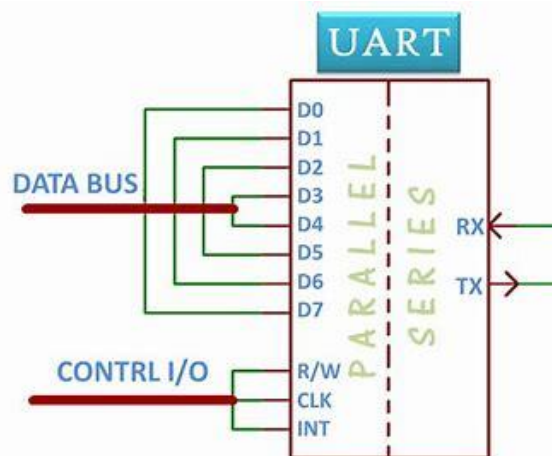


Figure 42.liaison Uart

## 2. Réalisation :

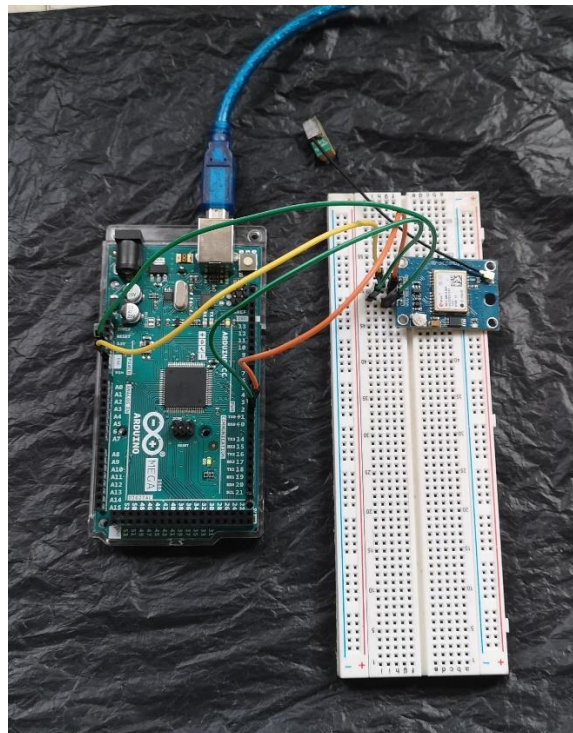
### 2.1 Schéma de brochage de GPS :

On a assemblé le capteur GPS en suivant le codage Arduino qui est comme indiqué sous-dessous :

```
code_final | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
code_final.ino
1 // Hardware Connections:
2 // BMP280: Connect SCL to A4, SDA to A5, VCC to 5V, GND to GND
3 // MPU6050: Connect SCL to SCL, SDA to SDA, VCC to 5V, GND to GND
4 // NEO-6M (GPS): Connect TX to 2, RX to 3, VCC to 5V, GND to GND
5 // ESP81: Connect TX to 4, RX to 3, EN to 5V, VCC to 3.3V, GND to GND
6
```

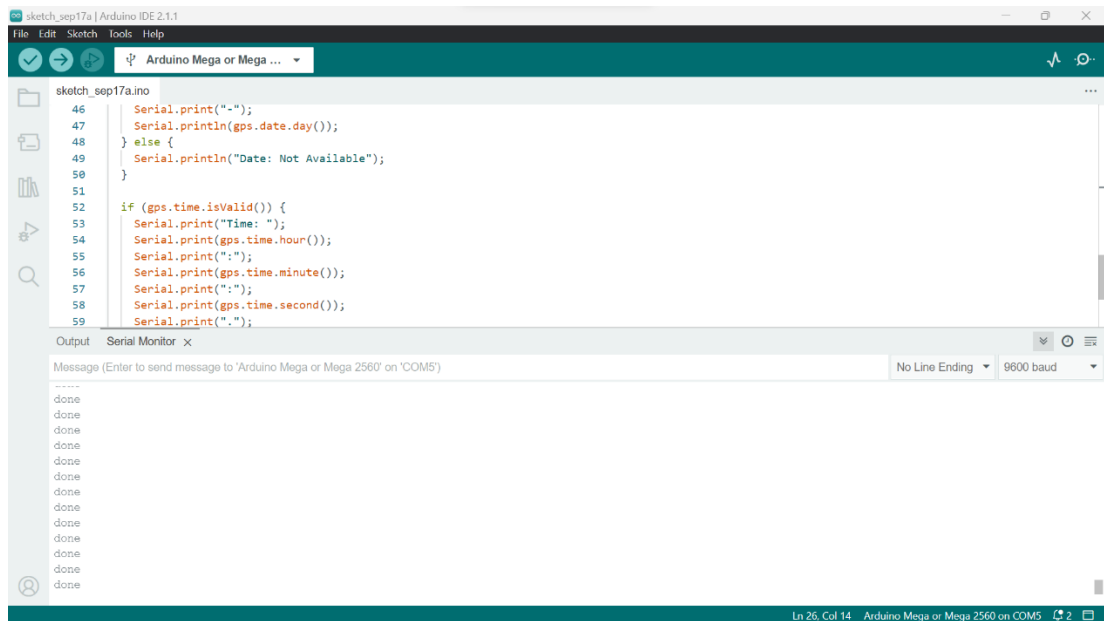
**Figure 43.** codage Arduino de GPS NEO-6M

On a assemblé le circuit sur la planche de BreadBoard, en connectant la broche TX (Transmit) du NEO-6M à 2 de Arduino et la broche RX (Receive) du microcontrôleur a 3 puis on relie la broche VCC du NEO-6M à la source d'alimentation 5V du microcontrôleur, et enfin on a connecté la broche GND à la broche GND (masse) du microcontrôleur. Cette configuration permettra au microcontrôleur de recevoir les données de positionnement du NEO-6M GPS et de les traiter pour des applications de localisation et de navigation.



**Figure 44.** brochage de GPS NEO-6M à Arduino

➤ Résultats



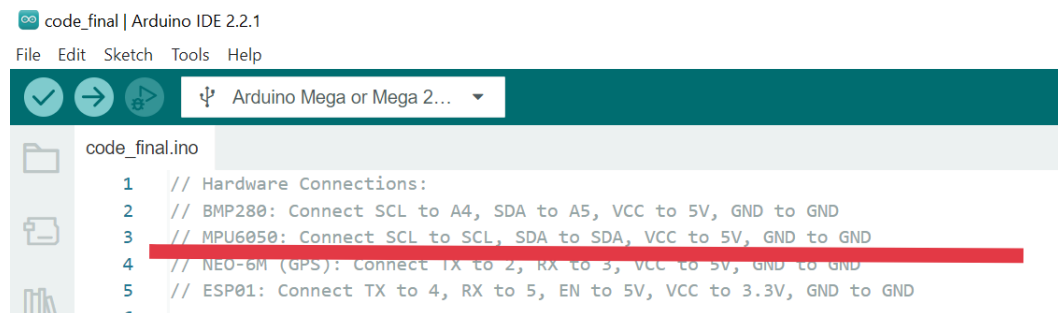
**Figure 45.** résultats obtenus de brochage GPS NEO-6M

➤ Observation :

Le GPS NEO-6M n’as pas donné des résultats exacte car les signaux GPS sont émis par des satellites en orbite autour de la Terre, et pour recevoir ces signaux de manière fiable, le récepteur GPS doit avoir une ligne de vue directe avec le ciel. Les bâtiments, les arbres, les montagnes et d'autres obstacles peuvent bloquer ou affaiblir les signaux GPS, ce qui peut entraîner une mauvaise précision ou même la perte de la réception.

## 2.2 Schéma de brochage de MPU6050 :

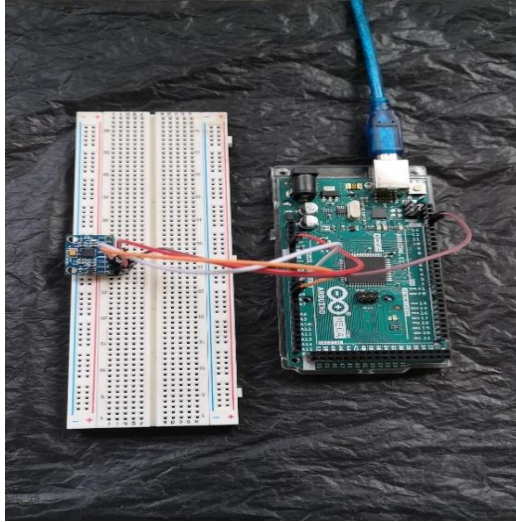
On a assemblé le capteur MPU6050 en suivant le codage Arduino qui est comme indiqué sous-dessous :



**Figure 46.** codage Arduino de MPU6050

Pour connecter le capteur MPU6050 on a reliez la broche SCL à A4, la broche SDA à A5, on a relié la broche VCC (alimentation) du MPU6050 à une source d'alimentation 5V, et enfin, on a connecté la broche GND (masse) du MPU6050 à la broche GND du microcontrôleur. Cette configuration permet au microcontrôleur de communiquer avec

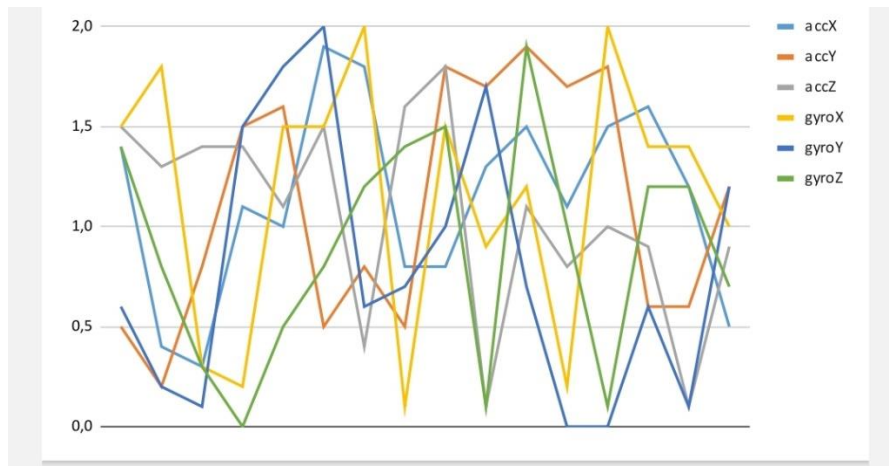
le MPU6050 en utilisant le bus I2C (Inter-Integrated Circuit) et de recueillir des données sur le mouvement et l'orientation, ce qui le rend utile pour des applications telles que la détection de mouvement et le suivi de l'orientation dans des projets de robotique et d'autres applications similaires.



**Figure 47.** brochage de MPU6050 à Arduino

➤ Résultats :

En faisant bougé le capteur, on a obtenu ce graphe :



**Figure 48.** graphe obtenu après le brochage de MPU6050

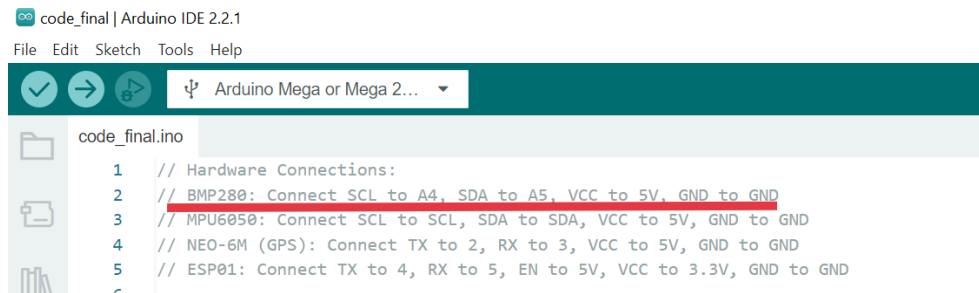
➤ Observation :

Nous avons constaté que le capteur réagissait de manière sensible aux mouvements et aux changements d'orientation. En inclinant le capteur dans

différentes directions, nous avons observé des variations significatives dans les données de capteur en temps réel. Par exemple, lorsque le capteur était incliné vers l'avant, les valeurs d'accélération affichées augmentaient, indiquant une accélération négative due à la gravité. De même, lorsque le capteur était incliné latéralement, les valeurs de l'accélération latérale étaient détectées. En outre, en effectuant des rotations, nous avons observé des variations dans les valeurs de l'axe de rotation. Les données de gyroscope ont montré des changements correspondant à la vitesse de rotation du capteur autour de différents axes. Ces observations démontrent clairement la capacité du MPU6050 à détecter les mouvements et les changements d'orientation en temps réel. Ces capacités en font un composant essentiel pour de nombreuses applications, notamment la détection de mouvements, la réalité virtuelle, la robotique et la stabilisation d'objets, où la connaissance précise de l'orientation et du mouvement est cruciale.

### 2.3 Schéma de brochage BMP280 :

On a assemblé le capteur BMP280 en suivant le codage Arduino qui est comme indiqué sous-dessous :

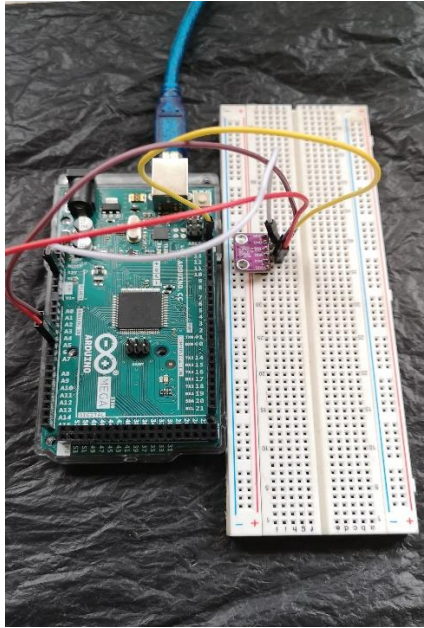


```
code_final | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
code_final.ino
1 // Hardware Connections:
2 // BMP280: Connect SCL to A4, SDA to A5, VCC to 5V, GND to GND
3 // MPU6050: Connect SCL to SCL, SDA to SDA, VCC to 5V, GND to GND
4 // NEO-6M (GPS): Connect TX to 2, RX to 3, VCC to 5V, GND to GND
5 // ESP01: Connect TX to 4, RX to 5, EN to 5V, VCC to 3.3V, GND to GND
```

**Figure 49.** codage Arduino de BMP 280

Pour associer le capteur BMP280 à une carte microcontrôleur, on a connecté la broche SCL à la broche A4 de la carte microcontrôleur Arduino, puis la broche SDA à la broche A5 de la carte, on a relié la broche VCC du BMP280 à la source d'alimentation 5V, et enfin, on a connecté la broche GND du BMP280 à la broche GND. Cette configuration permettra au microcontrôleur de communiquer avec le BMP280 via le bus I2C (Inter-Integrated Circuit) pour collecter des données de pression, utiles dans diverses applications telles que la météorologie ou la surveillance environnementale.

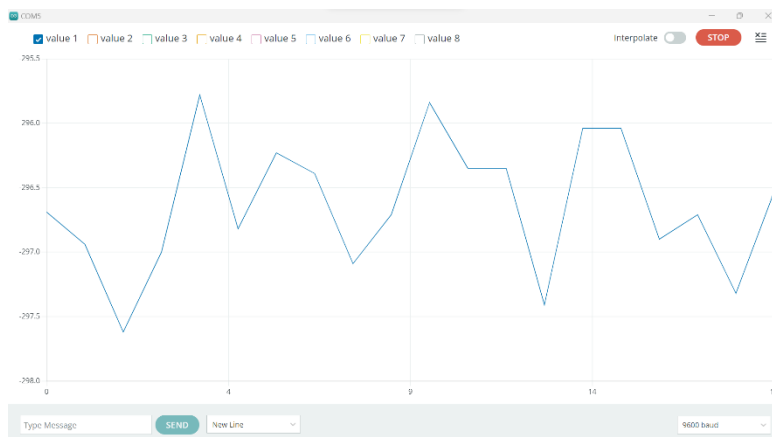




*Figure 50. brochage de BMP280 à Arduino*

➤ Résultats :

Après avoir bougé et mouvementé le capteur on a obtenu le graphe suivant :



*Figure 51. graphe obtenu après le brochage de BMP280*

➤ Observation :

Après avoir déplacé le capteur BMP280 d'une position statique à une nouvelle position, nous avons remarqué des changements significatifs dans les lectures de pression enregistrés par le capteur. Le déplacement du capteur a entraîné des variations dans les valeurs mesurées. Ces observations démontrent la sensibilité du capteur BMP280 aux changements de position et mettent en évidence son utilité potentielle pour la détection de variations environnementales.

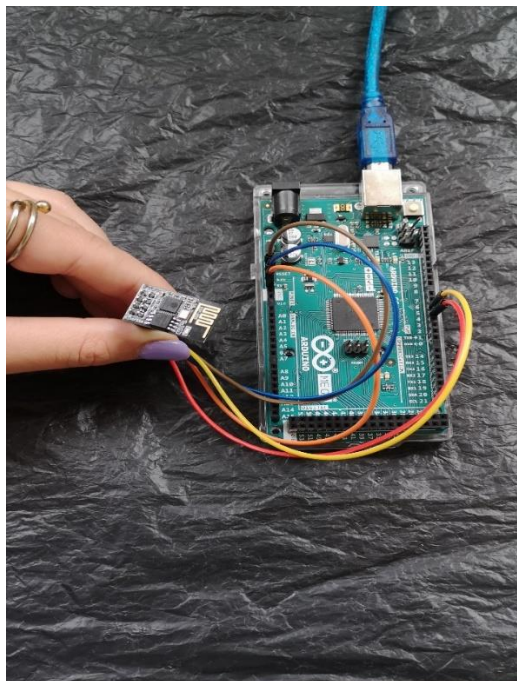
## 2.4 Schéma de brochage de ESP01 :

On a assemblé le capteur ESP 01 en suivant le codage Arduino qui est comme indiqué sous-dessous :

```
code_final | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
code_final.ino
1 // Hardware Connections:
2 // BMP280: Connect SCL to A4, SDA to A5, VCC to 5V, GND to GND
3 // MPU6050: Connect SCL to SCL, SDA to SDA, VCC to 5V, GND to GND
4 // NEO-6M (GPS): Connect TX to 2, RX to 3, VCC to 5V, GND to GND
5 // ESP01: Connect TX to 4, RX to 5, EN to 5V, VCC to 3.3V, GND to GND
```

*Figure 52. codage Arduino de ESP01*

On a branché ESP-01 à Arduino, en connectant la broche TX à la broche 4, et la broche RX du module ESP-01 à la broche 5, on a relié la broche EN (Enable) de ESP-01 à une source d'alimentation de 5V, la broche VCC du module ESP-01 à une source d'alimentation de 3,3V, et enfin, on a connecté la broche GND de ESP-01 à la broche GND du microcontrôleur. Cette configuration permettra au microcontrôleur de communiquer avec le module ESP-01 et de le contrôler pour des applications de communication sans fil Wi-Fi.



*Figure 53. brochage de ESP 01 à Arduino*



## 2.5 Assemblage des capteurs (GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01) :

Pour l'assemblage des capteurs on a effectué le même brochage des capteurs individuels qui est comme suivants :

```
code_final | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
code_final.ino
1 // Hardware Connections:
2 // BMP280: Connect SCL to A4, SDA to A5, VCC to 5V, GND to GND
3 // MPU6050: Connect SCL to SCL, SDA to SDA, VCC to 5V, GND to GND
4 // NEO-6M (GPS): Connect TX to 2, RX to 3, VCC to 5V, GND to GND
5 // ESP01: Connect TX to 4, RX to 5, EN to 5V, VCC to 3.3V, GND to GND
c
```

Figure 54. codage Arduino des capteurs

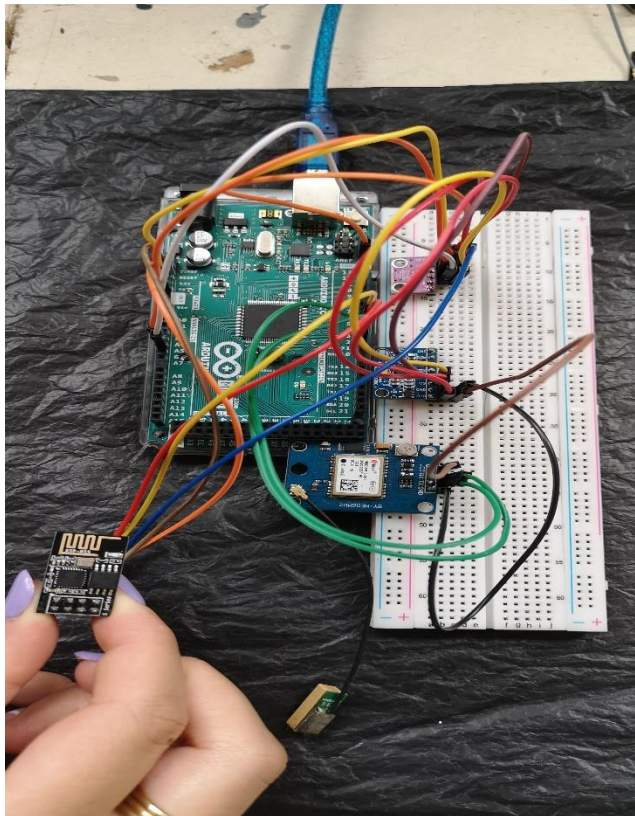


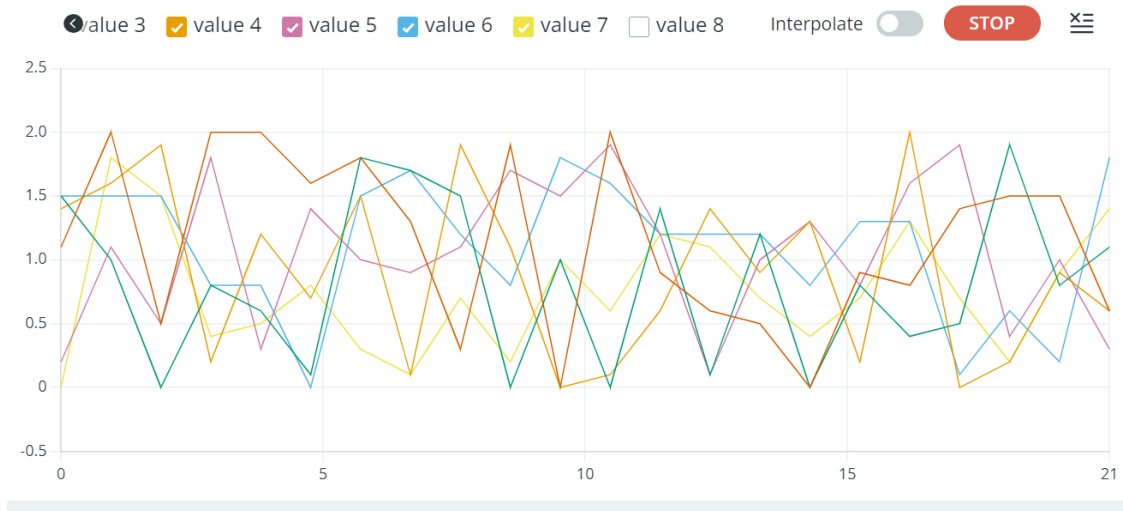
Figure 55. brochage des capteurs GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01

### ➤ Résultats :

Après avoir fait bouger tous les capteurs en les inclinant latéralement et verticalement, on a obtenu les résultats suivants qui nous a permis de faire le graphe :

pressure	accX	accY	accZ	gyroX	gyroY	gyroZ	Lat	Long
-296,22	1,4	0,5	1,5	1,5	0,6	1,4	0	0
-296,24	0,4	0,2	1,3	1,8	0,2	0,8	0	0
-296,89	0,3	0,8	1,4	0,3	0,1	0,3	0	0
-297,19	1,1	1,5	1,4	0,2	1,5	0	0	0
-296,87	1	1,6	1,1	1,5	1,8	0,5	0	0
-295,94	1,9	0,5	1,5	1,5	2	0,8	0	0
-296,35	1,8	0,8	0,4	2	0,6	1,2	0	0
-297,41	0,8	0,5	1,6	0,1	0,7	1,4	0	0
-297,72	0,8	1,8	1,8	1,5	1	1,5	0	0
-296,17	1,3	1,7	0,1	0,9	1,7	0,1	0	0
-297,15	1,5	1,9	1,1	1,2	0,7	1,9	0	0
-296,15	1,1	1,7	0,8	0,2	0	1	0	0
-297,29	1,5	1,8	1	2	0	0,1	0	0
-296,99	1,6	0,6	0,9	1,4	0,6	1,2	0	0
-296,42	1,2	0,6	0,1	1,4	0,1	1,2	0	0
-296,22	0,5	1,2	0,9	1	1,2	0,7	0	0

**Figure 56.** résultats obtenus après l'assemblage des capteurs GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01



**Figure 57.** graphe obtenus après l'assemblage des capteurs GPS NEO-6M, MPU6050, BMP280, ESP01

➤ Observation :

Lors de notre expérience avec cette configuration combinant différents capteurs et modules, nous avons pu observer une intégration réussie et une collecte de données coordonnée. Les capteurs MPU6050 ont fourni des informations sur le mouvement et l'orientation de la plateforme, tandis que le BMP280 a enregistré des données de pression atmosphérique. En parallèle, le GPS NEO-6M a rencontré

des difficultés à établir une connexion stable avec les satellites. En conséquence, il n'a pas pu fournir des données de localisation précises ou cohérentes.

L'ESP01 a joué un rôle crucial en collectant ces données à partir des capteurs et en les transmettant de manière efficace à un système central ou à une interface utilisateur. Les données collectées se sont avérées cohérentes avec les mouvements de la plateforme et l'altitude relative. La configuration dans son ensemble a démontré sa capacité à fournir des informations en temps réel sur le mouvement, la pression atmosphérique et la localisation géographique.

Cela suggère que cette combinaison de capteurs et de modules peut être utilisée avec succès dans diverses applications, de la navigation en temps réel à la surveillance environnementale.

Les observations ont confirmé la fiabilité de cette configuration pour collecter et transmettre des données importantes pour de nombreuses applications pratiques.

### Conclusion :

Au fil de ce chapitre, nous avons exploré en détail les composants matériels et logiciels nécessaires à cette intégration, démontrant ainsi la faisabilité technique de notre idée. Nous avons mis en évidence la nécessité de capteurs pour fournir des données en temps réel sur l'environnement de travail et le mouvement du travailleur, des informations cruciales pour la prévention des accidents en hauteur.

Cependant, malgré les progrès significatifs réalisés dans la conception et la préparation des capteurs, il est important de noter que la réalisation du harnais de sécurité intelligent reste en suspens en raison de contraintes de ressources. Néanmoins, cette étape nous rapproche de notre objectif global, et les préparatifs effectués jusqu'à présent nous permettront de passer rapidement à la phase de mise en œuvre dès que les ressources nécessaires seront disponibles.

Dans le prochain segment de notre travail, nous allons examiner en détail les résultats de nos tests et observations, mettant ainsi en lumière les avantages potentiels de cette innovation dans le domaine de la sécurité en hauteur. Nous continuerons à nous efforcer de créer un outil révolutionnaire pour améliorer la sécurité des travailleurs en hauteur, en tirant parti des bases solides que nous avons établies jusqu'à présent."

## Conclusion générale

Ce mémoire a exploré en profondeur les défis et les opportunités liés à l'amélioration du harnais de sécurité, avec pour objectif de prévenir les chutes lors des travaux en hauteur. Au cours de ce travail, nous avons mis en lumière l'importance cruciale des équipements de protection individuelle (EPI) dans la préservation de la sécurité et de la santé des travailleurs dans divers environnements professionnels.

L'introduction a souligné la nécessité de gérer efficacement les EPI, en tenant compte des risques spécifiques auxquels les travailleurs sont exposés. Parmi les dangers les plus préoccupants figure la chute lors des travaux en hauteur, un problème majeur qui peut avoir des conséquences dévastatrices.

Nous avons proposé une approche novatrice visant à améliorer le harnais de sécurité en y intégrant des capteurs intelligents et des systèmes d'alarme. Ces améliorations potentielles sont conçues pour détecter les mouvements brusques, les positions anormales et les situations de danger potentiel, avec pour objectif de renforcer la sécurité des travailleurs en hauteur.

Cependant, il est important de noter que, malgré nos efforts et notre intention de réaliser ce harnais de sécurité intelligent, des contraintes budgétaires et de ressources ont entravé sa concrétisation. Nous reconnaissons que ce projet demeure en suspens, mais notre recherche a jeté les bases pour des développements futurs.

En fin de compte, ce mémoire met en évidence l'importance cruciale de la sécurité au travail et de l'amélioration continue des équipements de protection individuelle. Notre proposition d'amélioration du harnais de sécurité représente une voie prometteuse vers une sécurité accrue dans les travaux en hauteur. Bien que nous n'ayons pas encore atteint la réalisation complète de ce projet, nous espérons que nos travaux inciteront à des investissements futurs dans des technologies innovantes pour la protection des travailleurs.

En conclusion, la sécurité sur le lieu de travail est un domaine qui mérite une attention constante et des efforts inlassables. Les EPI jouent un rôle central dans la prévention des accidents, et notre travail vise à contribuer à cette cause essentielle. Nous espérons que cette recherche servira de base à des avancées futures dans le domaine de la sécurité au travail et à la protection des travailleurs, même lorsque les ressources actuelles limitent nos réalisations."

## Liste des références :


1. Santé et sécurité au travail - INRS. Accessed September 13, 2023. <https://www.inrs.fr/>
2. Digital. Les risques liés aux chutes de hauteur. Mutuelle MBTP. Published June 13, 2022. Accessed September 14, 2023. <https://www.mutuelle-mbtp.com/risques-chutes-de-hauteur/>
3. Les accidents de travail en statistiques • Chutedeplainpied.com. Accessed September 14, 2023. <https://chutedeplainpied.com/les-accidents-de-travail-en-statistiques/>
4. Zoheir Z. Plus de 50 000 accidents du travail enregistrés annuellement. Algerie Eco. Published December 19, 2016. Accessed September 13, 2023. <https://www.algerie-eco.com/2016/12/19/plus-de-50-000-accidents-travail-enregistres-annuellement/>
5. Les quatre plus grands risques: Tout ce que vous devez savoir. - Delta Prévention. Accessed September 13, 2023. <https://deltaprevention.com/les-quatre-plus-grands-risques-tout-ce-que-vous-devez-savoir/>
6. Portail de formation en santé et sécurité au travail – Quelles sont les conséquences des chutes? Accessed September 13, 2023. <https://formationsst.csn.info/risques-de-chutes/quelles-sont-les-consequences-des-chutes/>
7. Chute de hauteur - Tout ce que vous devez savoir | Accesus Échafaudag... Published July 30, 2019. Accessed September 13, 2023. <https://www.accesus.es/fr/tout-ce-que-vous-devez-savoir-apres-une-chute-de-hauteur/>
8. Risques liés aux chutes de hauteur. Nacelles et plates-formes élévatrices - Risques - INRS. Accessed September 13, 2023. <https://www.inrs.fr/risques/chutes-hauteur/nacelles-plates-formes-elevatrices.html>
9. Algeria - Loi n° 88-07 de 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail. Accessed September 13, 2023. [https://www.ilo.org/dyn/natlex/natlex4.detail?p\\_lang=en&p\\_isn=4767#:~:text=La%20pr%C3%A9sente%20loi%20a%20pour,l'ex%C3%A9cution%20des%20mesures%20prescrites.](https://www.ilo.org/dyn/natlex/natlex4.detail?p_lang=en&p_isn=4767#:~:text=La%20pr%C3%A9sente%20loi%20a%20pour,l'ex%C3%A9cution%20des%20mesures%20prescrites.)
10. ISO 31000:2018 - Management du risque — Lignes directrices. Accessed September 13, 2023.

<https://www.iso.org/fr/standard/65694.html#:~:text=ISO%2031000%3A2018%20fournit%20une,d%C3%A9cisions%20%C3%A0%20tous%20les%20niveaux.>

11. Conventions et recommandations à jour de l'OIT concernant la sécurité sociale. Published August 12, 2012. Accessed September 13, 2023. [http://www.ilo.org/seccsoc/areas-of-work/legal-advice/WCMS\\_206137/lang--fr/index.htm](http://www.ilo.org/seccsoc/areas-of-work/legal-advice/WCMS_206137/lang--fr/index.htm)
12. Garde-corps. Accessed September 13, 2023. <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/prevention-securite/identifier-corriger-risques/liste-informations-prevention/garde-corps>
13. Quelle échelle utiliser pour des travaux en hauteur? Accessed September 13, 2023. <https://www.lamedinfos.fr/quelle-echelle-choisir-pour-travailler-en-hauteur/>
14. Paragraphe 2 : Échelles, escabeaux et marchepieds (Articles R4323-81 à R4323-88) - Légifrance. Accessed September 13, 2023. <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000018531342>
15. Paragraphe 1 : Échafaudages (Articles R4323-69 à R4323-80) - Légifrance. Accessed September 13, 2023. <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000018531369>
16. <http://www.it4business.ma> MNIM|. LES EQUIPEMENTS POUR LES TRAVAUX EN HAUTEURS. Cabinet NPM| CONSEIL| ETUDE| FORMATION. Published March 2, 2020. Accessed September 13, 2023. <https://cabinetnpm.com/les-equipements-pour-les-travaux-en-hauteurs/>
17. <http://www.it4business.ma> MNIM|. LES EQUIPEMENTS POUR LES TRAVAUX EN HAUTEURS. Cabinet NPM| CONSEIL| ETUDE| FORMATION. Published March 2, 2020. Accessed September 13, 2023. <https://cabinetnpm.com/les-equipements-pour-les-travaux-en-hauteurs/>
18. Normes concernant les plateformes de travail. Accessed September 13, 2023. <https://www.plateforme-direct.fr/normes-plateformes.htm>
19. <http://www.it4business.ma> MNIM|. LES EQUIPEMENTS POUR LES TRAVAUX EN HAUTEURS. Cabinet NPM| CONSEIL| ETUDE| FORMATION. Published March 2,

2020. Accessed September 13, 2023. <https://cabinetnpm.com/les-equipements-pour-les-travaux-en-hauteurs/>
20. VISORNETSFR. Norme pour travaux en hauteur: filets de sécurité - Visor Fall Arrest Nets. Filets de sécurité - Filets de protection - Visornets - Visor Fall Arrest Nets. Published May 13, 2020. Accessed September 13, 2023. <https://www.visornets.fr/normes-pour-travaux-en-hauteur-filets-de-securite/>
21. Rambardes de sécurité: tout ce qu'il faut savoir. Accessed September 14, 2023. <https://www.guide-coffre-fort.com/les-differents-modeles-de-rambardes-de-securite/>
22. Lignes de vie temporaires - Altius. Accessed September 13, 2023. <https://www.altius.fr/fr/protection-individuelle/lignes-de-vie-temporaires.html#:~:text=La%20norme%20EN%20795-B%20est%20la%20r%C3%A8glementation%20de,la%20r%C3%A8glementation%20de%20r%C3%A9f%C3%A9rence%20pour%20les%20point%20d%27ancrage.>
23. Protection Collective des travailleurs - 4 Points Essentiels. Accessed September 13, 2023. <https://s24.fr/protection-collective/>
24. Le balisage de sécurité d'un chantier: quelle utilité? Accessed September 14, 2023. <https://www.btpro.fr/un-chantier-securise-l-importance-du-balisage-de-securite/>
25. Article R4431-1 - Code du travail - Légifrance. Accessed September 14, 2023. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000018530390](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000018530390)
26. GILLES T. Procédure de consignation: comment la mettre en place? Published August 31, 2021. Accessed September 14, 2023. <https://www.blog-qhse.com/procédure-de-consignation-comment-la-mettre-en-place>
27. Prevention O. Les équipements de protection individuelle (EPI). Accessed September 17, 2023. <https://www.officiel-prevention.com/dossier/formation/port-des-epi/les-equipements-de-protection-individuelle-epi>
28. Les normes des EPI | DMD France. Accessed September 14, 2023. <https://www.dmd-france.com/>



29. Définition de harnais de sécurité | Dictionnaire français. La langue française. Accessed September 14, 2023. <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/harnais-de-securite>
30. Quand le harnais antichute a-t-il été créé ? Accessed September 17, 2023. <https://fr.rs-online.com/web/content/blog-discovery/equipement-protection-individuelle/histoire-harnais-antichute>
31. Comment choisir un harnais de sécurité ? - Virages. Published November 25, 2020. Accessed September 14, 2023. <https://www.virages.com/Blog/Choisir-Harnais-Securite>
32. Tout savoir sur les harnais de sécurité et baudrier pour travail en hauteur. Accessed September 14, 2023. <https://fipcenter.com/guide/tout-savoir-sur-les-harnais-de-securite/>
33. [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)
34. PRO F. Comment bien mettre un harnais de sécurité ? FMIPRO. Published June 10, 2023. Accessed September 17, 2023. <https://fmipro.fr/comment-bien-mettre-un-harnais-de-securite/>
35. What is a Breadboard? | CircuitBread. Accessed September 17, 2023. <https://www.circuitbread.com/ee-faq/what-is-a-breadboard>
36. Exp07 - Gyroscope.pdf. Accessed September 17, 2023. [https://www.unine.ch/files/live/sites/physique/files/TP/Exp%C3%A9riences\\_avec\\_FM/Exp07%20-%20Gyroscope.pdf](https://www.unine.ch/files/live/sites/physique/files/TP/Exp%C3%A9riences_avec_FM/Exp07%20-%20Gyroscope.pdf)
37. TN Module GPS NEO-6M V2 EPPROM TN Meilleure prix en Tunisie. Accessed September 17, 2023. <https://www.didactico.tn/produit/module-gps-neo-6m-v2-epprom/#:~:text=Il%20s'agit%20d'un%20module%20GPS%20mis%20%C3%A0%20jour,plate%2Dforme%20de%20contr%C3%B4le%20Multirotor.>
38.  Arduino - Définition et Explications. Accessed September 17, 2023. <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Arduino.html>
39. La liaison série UART. Accessed September 17, 2023. [http://bts2m.free.fr/TP\\_Arduino/01\\_UART.html](http://bts2m.free.fr/TP_Arduino/01_UART.html)

