



جامعة قاصدي مرباح – ورقلة  
كلية الرياضيات وعلوم المادة  
قسم الفيزياء  
مذكرة ماستر أكاديمي  
ميدان : علوم المادة  
شعبة: فيزياء  
تخصص : فيزياء ارساد جوية  
إعداد: الطالبتان مدان خيرة  
بعنوان

## قياس سرعة و إتجاه الرياح بواسطة جهاز ويندسونيك windsonic

نوقشت يوم : 2021/10/10

بحضور اللجنة المكونة من :

1. الأستاذ/ناقص محمد الطاهر(أستاذ محاضر - جامعة قاصدي مرباح ورقلة) رئيسا.
2. الأستاذ/فقيه عبد العالي (أستاذ محاضر - جامعة قاصدي مرباح ورقلة) مناقشا.
3. الأستاذ/بوعنان رابح ( أستاذ محاضر - جامعة قاصدي مرباح ورقلة) مشرفا.
4. الاستاذ/دواوي عز الدين ( استاذ محاضر- جامعة قاصدي مرباح ورقلة) مساعد مشرف

دفعة سبتمبر 2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ  
وَالْمُؤْمِنُونَ)

صِدْقَةُ اللَّهِ الْعَظِيمَةُ

سورة التوبة الآية:

# الإهداء

الحمد لله الذي وفقنا لهذا ولم نكن لنصل إليه لولا فضل الله علينا أما بعد:

أهدي هذا العمل المتواضع إلى من قال فيهما عزوجل:

﴿وَقُلْ رَبِّي أَرْحَمُهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا﴾

إلى روح أبي الطاهرة أنحنى أمامك عرفانا بالجميل يا من علمتني سر الإنسان الأصيل

يا من زرع أصفى ما في نفسي و هذبنتني فأحسننت تهذيبي و أدبي

إلى ينبوع الذي لا يمل العطاء، إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها

إلى من عبدت لي طريق النجاح بدعواتها.... أمي العزيزة الغالية أطال الله في عمرها

إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة إخوتي أسأل الله أن ينير دربكم في كل خير

إلى أطيب القلوب عائلتي الثانية بيت عمي كل الاحترام و التقدير

إلى نبض قلبي و توؤم روحي زوجي الحبيب مصطفى حفظك الله ورعاك، دمت لي

سندا يا اقرب الناس الى قلبي

وإلى كل أساتذة قسم الفيزياء وبالاخص عز الدين دواوي والأصدقاء والأحباب وكل من

خانتني ذاكرتي ولم أنكرهم.

وفي الأخير أرجوا من الله تعالى أن يجعل عملي هذا نفعاً يستفيد منه جميع الطلبة

المقبلين على التخرج.

مداني خيرة



## قائمة الجداول

الصفحة	الجدول	رقم
12	الجدول (1.0): يبين التحويلات بين وحدات السرعة المشتركة	01
18	الجدول (2.0): جدول يبين سرعة الموجات الصوتية في السوائل و الغازات	02
41	الجدول (01.0): جدول حول مواصفات جهاز ويندسونيك windsonic	03
50	الجدول (02.0): نتائج المعايرة للمحاور X و Y و Z في حالة عدم انقطاع	04
53	الجدول (03.0): نتائج اختبار جهاز الويندسونيك	05

قائمة الأشكال

الصفحة	الأشكال	رقم
6	الشكل (1.I): اتجاه حركة الرياح حول مراكز الضغط المرتفع و مراكز الضغط المنخفض في نصي الكرة الأرضية	01
7	الشكل (2.I): صورة توضح انحراف الرياح على سطح الارض	02
7	الشكل (3.I): صورة توضح خصائص الرياح اليومية	03
9	الشكل (4.I): صورة توضح بوصلة الاتجاهات	04
10	الشكل (5.I): جدول يوضح تصنيف قوة الرياح حسب سلم بوفور	05
11	الشكل (6.I): صورة تظهر مناطق الضغط العالي والضغط المنخفض في خرائط الطقس	06
12	الشكل (7.I): صورة توضح دائرة النسبة المنوية التي تربط سرعة الرياح لكل اتجاه	07
13	الشكل (8.I): تمثيل الرياح في الخرائط الجوية	08
13	الشكل (9.I): اتجاه حركة الدقائق للموجات المستعرضة و الموجات الطولية الشكل (9.I): اتجاه حركة الدقائق للموجات المستعرضة و الموجات الطولية	09
17	الشكل (10.I): تصنيف الموجات الصوتية حسب ترددها	11
18	الشكل (11.I): تنكسر الموجات الصوتية التي تسير بنفس اتجاه الرياح نحو السطح	12
18	الشكل (12.I): تنكسر الموجات الصوتية التي تسير عكس اتجاه الرياح بعيداً عن السطح	13
21	الشكل (1.II): تأثير سرعة الرياح في نفس الاتجاهين المعاكسين لانتشار الصوت على TOF.	14
22	الشكل (2.II): عندما لا تتماشى الرياح مع مسار انتشار الصوت ، يتحلل تأثيرها إلى مكونات متجهية	15
22	الشكل (3.II): باستخدام قياسين متعامدين ، يمكن استخلاص المكونين x و y للرياح ، وبالتالي يتم تحديد زاوية اتجاه الرياح	16
23	الشكل (4.II): الإشارة الواضحة لمحول طاقة تجاري نموذجي في سائل	17
24	الشكل (5.II): إشارة نموذجية من محول هواء ضيق النطاق وتفصيل دورات الموجة الأولية	18
25	الشكل (6.II): تؤدي أوقات الوصول المختلفة بسبب التغيرات في درجات الحرارة إلى اختلافات في الطور مع الإشارة الأصلية التي لها قيم مختلفة. يتم فصل الباعث والمستقبل بمقدار 200 مم ويعملان عند 40 كيلو هرتز	19
26	الشكل (7.II): قيم المرحلة للإشارة المستقبلية عندما تتغير درجة الحرارة بين -30 درجة مئوية و 100 درجة مئوية	20
26	الشكل (8.II): التغيير في مرحلة الوصول لتغيرات الرياح من -50 ميكرومتر	21
28	الشكل (9.II): قيم الطور عند 40 كيلو هرتز و 41 كيلو هرتز والفرق بينهما عندما تختلف سرعة الرياح من - 50 م / ث إلى +50 م / ث بينما تكون درجة الحرارة 25 درجة مئوية والمسافة بين المستشعرات 200mm	22
32	الشكل (1.III): صورة لجهاز الويندسونيك	23
33	الشكل (2.III): صورة توضح التصميم الداخلي لجهاز الويندسونيك	24
34	الشكل (3.III): توضيح معادلات وقت الرحلة	25
36	الشكل (4.III): القياسات التجريبية للجهاز	26
36	الشكل (5.III): انماط معيارية خاصة بالمعطيات الرقمية	27
37	الشكل (6.III): تثبيت الجهاز على اعمدة ارتفاعها 10متر	28
38	الشكل (7.III): تطبيق مثبت في الحاسوب لقراءة المعطيات	29
38	الشكل (8.III): معطيات رقمية	30
38	الشكل (9.III): معطيات بيانية	31
39	الشكل (10.III): تطبيق مطور لقياس العوامل الجوية	32
39	الشكل (11.III): عرض البيانات على شاشة الحاسوب	33

قائمة الأشكال :

40	الشكل ( 12.III ): اجهزة عرض خاصة	34
40	الشكل ( 13.III ):المبدء العام لاجهزة الاستشعاع الفوق صوتية	35
40	الشكل ( 14.III ): دائرة صوتية للرياح ثلاثية الأبعاد	36
42	الشكل ( 15.III ): نمط توزيع الموجات فوق السمعية من جهاز الاستشعار	37
42	الشكل ( 16.III ): رسم توضيحي لنمط توزيع الموجات فوق السمعية	38
42	الشكل ( 17.III ): العملية الأولى لمعايرة حساس الرياح الصوتية	39
43	الشكل ( 18.III ): ينتج عن معايرة المحور X السيني حالة غير منقطعة. المسافة بين المحولات 3mm و 10mm لـ (a) و (b) على التوالي	40
43	الشكل ( 19.III ): ينتج عن معايرة المحور Y الصادي حالة غير منقطعة. المسافة بين المحولات 3mm و 10mm لـ (a) و (b) على التوالي	41
44	الشكل ( 20.III ): ينتج عن معايرة المحور Z حالة غير منقطعة. المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b).	42
44	الشكل ( 21.III ): معايرة المحور X بسرعة رياح تبلغ 2.3m/s المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b)	43
44	الشكل ( 22.III ): ينتج عن معايرة المحور Y سرعة رياح تبلغ 2.3m/s المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b)	44
44	الشكل ( 23.III ): ينتج عن معايرة المحور Z سرعة رياح تبلغ 2.3m/s المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b)	45

العنوان	الصفحة
الإهداء	
كلمة شكر	
قائمة الجداول	VI
قائمة الأشكال	V
قائمة المحتويات	VI
المقدمة	أ
<b>I الفصل الأول:</b>	
(I_1) مقدمة	5
(I_2) تعريف الرياح	5
(I_3) نشأة الرياح وخصائصها	5
(I_4) العوامل المؤثرة في الرياح	7
(I_4_1) الضغط الجوي	7
(I_4_2) التضاريس	7
(I_5) أنواع الرياح الأساسية وهي أربعة	8
(I_5_1) الرياح الدائمة	8
(I_5_2) الرياح التجارية	8
(I_5_3) الرياح العكسية	8
(I_5_4) الرياح القطبية	8
(I_5_5) الرياح اليومية	9
(I_5_6) الرياح الموسمية	10
(I_5_7) الرياح المحلية	10
(I_6) استغلال الرياح	10

11	(I_7 طرق قياس سرعة الرياح و تحديد اتجاهها
11	(I_7_1 اتجاه الرياح
11	(I_7_2 سرعة الرياح
13	(I_8 اجهزة قياس سرعة الرياح و تحديد اتجاهها
13	(I_9 معالجة معطيات قياس الرياح
15	(I_10 كيف يرمز للرياح في خرائط الرصد الجوي
16	(I_11 مبادئ علم الصوت
16	(I_11_1 الموجة المرنة
17	(I_11_2 الموجة مستعرضة
17	(I_12 تعريف الموجات الصوتية
17	(I_13 خصائص الموجات الصوتية
17	(I_13_1 الطول الموجي
18	(I_13_2 السعة
18	(I_13_3 الدور
18	(I_13_4 التردد
18	(I_13_5 سرعة الموجة
18	(I_14 سرعة امتداد الموجات الصوتية
19	(I_15 العوامل المؤثرة على سرعة الصوت
19	(I_15_1 تأثير درجة الحرارة على سرعة الصوت
19	(I_15_2 تأثير الرطوبة على سرعة الصوت
19	(I_15_3 تأثير السعة على سرعة الصوت
19	(I_15_4 تأثير الضغط على سرعة الصوت
19	(I_15_5 تأثير الريح على سرعة الصوت
20	(I_16 المعادلة التفاضلية للحركة الموجية



21	(I_17) تصنيفات الموجات الصوتية
21	(I_17_1) الموجات دون السمعية
21	(I_17_2) الموجات السمعية
21	(I_17_3) الموجات فوق السمعية
22	(I_18) تأثير الرياح على الامواج فوق صوتية
24	(I_19) خاتمة
<b>(II) الفصل الثاني:</b>	
26	(II_1) مقدمة
26	(II_2) قياس وقت الرحلة TOF
28	(II_3) مبدأ قياس TOF ومشكلة حساسات النطاق الضيق
30	(II_4) طريقة مقارنة المرحلة
32	(II_5) استخدام الترددات المزدوجة
35	(II_6) خاتمة
<b>(III) الفصل الثالث:</b>	
32	(III_1) مقدمة
32	(III_2) وصف جهاز الويندسونيك
32	(III_3) التصميم الخارجي لجهاز الويندسونيك
33	(III_4) مبدأ عمل جهاز الويندسونيك
34	(III_5) المواصفات التقنية لجهاز الويندسونيك
36	(III_6) تشغيل جهاز الويندسونيك
36	(III_7) التشغيل الاختباري للجهاز (القياسات التجريبية)
37	(III_8) التثبيت النهائي و التشغيل الميداني لجهاز ويندسونيك
40	(III_9) محاكاة قياسات المعايرة بواسطة تصميم الكتروني

	مشابه للجهاز
40	(III_10) تصميم النظام الإلكتروني
41	(III_11) حساب سرعة الرياح واتجاهها باستخدام طريقة وقت الرحلة
41	(III_12) تصنيع Wind Sonic
42	(III_13) معايرة مستشعر الرياح الصوتي
44	(III_14) نتائج معايرة المحور X و Y و Z عند سرعة الرياح 2.3m/s
44	(III_15) تحليل بيانات المعايرة
45	(III_16) اختبار WindSonic
54	(III_17) الخاتمة
56	الخاتمة العامة
58	قائمة المراجع
	الملخص



# المقدمة



درس علماء الأرصاد الرياح الآن ومنذ أكثر من قرن واهتموا برصد حركتها ودورانها وتجمعها وتفرقها على سطح الأرض وفي طبقات الجو العليا بواسطة البالونات وأجهزة (الراديو سوند والرادارات) والأقمار الصناعية, فوجدوا أن هناك نظامًا عامًا للرياح, وهذا ما يسمى بالدورة العامة للرياح ترتبط بحركة الأرض حول الشمس وحركة الأرض حول نفسها, يعني اختلاف الليل والنهار

ولقد توفرت معلومات عن الرياح على المستوى الشامل للكرة الأرضية, منذ عدة قرون نتيجة لخبرات مختلفة من المشتغلين بالبحر, وسوف يتناول هذا المبحث فصلاً لأنواع الرياح التي تحدث حول الكرة الأرضية وغلافها الجوي, ويتم وصف الأنواع المختلفة للرياح من خلال القوى التي تحدثها, ومن خلال نوعيات خاصة من الرياح وذكر أنواع الاجهزة التي تقيس الرياح (1)

وستتطرق الى دراسة تفصيلية لاحد الاجهزة المطورة وهو جهاز الاستشعار بالأمواج فوق السمعية الذي سنعرف من خلالها ماهية هذا الجهاز ؟ وكيفية عمله ؟ و قبل الغوص في هذه الدراسة ، يجب علينا معرفة ووضع تقييم لمورد الرياح في هذا السياق من أين تأتي الرياح؟ ما هي خصائصها الرئيسية؟ وكيف تؤثر على الموجات فوق صوتية ؟ و بالتالي سيتكون هذا المبحث من ثلاثة فصول و هي الفصل الاول يتناول موضوعين الاول دراسة شاملة عن الرياح وخصائصها و الثاني عن الامواج السمعية و انواعها و استنتاج العلاقة بينهما اما الفصل الثاني يتحدث عن المبدء العام الذي تشتغل به اجهزة القياس فوق السمعية لقياس سرعة واتجاه الرياح و الفصل الثالث تطرقنا فيه اولا الى ذكر القياسات الاساسية لمراقبة مورد الرياح و ثانيا دراسة تفصيلية و تجريبية لجهاز الويندسونيك .

الحائب التظوي

# (I) الفصل الأول

الرياح والموجات فوق السمعية



## (I) الرياح و الموجات فوق السمعية

### (I\_1) مقدمة

يؤدي الاختلاف في ضغط الهواء إلى تحرك سرعة الرياح أفقيًا وعموديًا بسرعات متفاوتة حيث سرعة الرياح هي المسافة التي تقطعها الرياح في الهواء لكل وحدة زمنية معبرًا عنها بوحدات (m/s و km/h و m/h) تعبر سرعة الرياح عن القوة المؤثرة على عمود الهواء لكل وحدة مساحة سطح و اتجاه الرياح هو اتجاه الريح الذي تدل عليه الاتجاهات الأساسية (شمال ، شرق ، جنوب ، غرب) أو بالدرجات ، التغيرات في سرعة الرياح واتجاهها هي تأثيرات التغيرات في الضغط المقاس باستخدام مقياس شدة الريح

ومنه سندرس في هذا الفصل مورد الرياح و كذلك الموجات فوق السمعية التي يعتمد عليها جهاز الويندسونيك لقياس الرياح (سرعة و اتجاه) . (2)

### (I\_2) تعريف الرياح

تعتبر الرياح من أهم عناصر الطقس المؤثرة على أنشطة الإنسان سواء على اليابسة أو في البحر حيث تُعرف الرياح بأنها انتقال للكتل الهوائية من منطقة إلى أخرى على سطح الأرض، نتيجة اختلافات الضغط الجوي الرأسية والأفقية ، لذلك يرتبط توزيع الرياح ارتباطًا وثيقًا بتوزيع الضغط ، إذ تتدفق الرياح بالقرب من سطح الأرض حول مناطق الضغط الجوي المنخفض والمرتفع نسبيًا، وتتحرك الرياح بسرعات مختلفة، وعلى ارتفاعات مختلفة .

ومن شأن حركة الرياح هذه أن تسبب في بعض أنواع مختلفة من أنماط الطقس والعواصف، مما يجعل للرياح دورًا هامًا في السيطرة على المناخ والطقس وتحديدهما.

### من اين تأتي الرياح؟

### (I\_3) نشأة الرياح وخصائصها

- المصدر الأول لطاقة الرياح هو الطاقة الشمسية ويقدر بأن 1% من قيمة الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط التي تصل سطح الأرض يتم تحويلها إلى طاقة الرياح وذلك للأسباب التالية :
- تباين تسخين الأرض ما بين خط الاستواء والقطبين الشمالي والجنوبي حيث تكون المناطق القريبة من خط الاستواء أقرب للوضع العمودي على أشعة الشمس وبالتالي تتلقى كمية من الإشعاع الشمسي أكبر بكثير من تلك المناطق القريبة من القطبين وبسبب سخونة سطح الأرض عن خط الاستواء فإن طبقة الهواء التي تعلوها تسخن بدورها كل يوم، وتقل كثافتها ثم ترتفع لأعلى محدثة خلخلة في ضغط الهواء، بينما يحدث العكس في المناطق القطبية حيث يكون سطح الأرض بارداً فتبرد طبقة الهواء التي تعلوه وترتفع كثافتها وتهبط لأسفل ويزيد ضغطها فتندفع إلى المناطق الساخنة المنخفضة الضغط القريبة من سطح الأرض بينما يحل محلها الهواء الساخن المرتفع القادم من المناطق الاستوائية الأكثر حرارة خاصة القارة الأفريقية، وهذا التأثير يحدث على مستوى سطح الكرة الأرضية تقريبا الثلث.



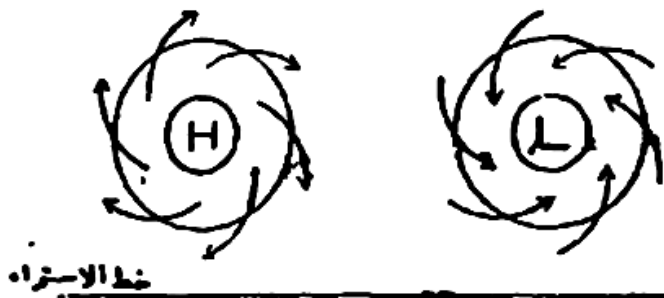
- تباين تسخين الأرض والبحار والمحيطات حيث تتميز المياه بسعتها الحرارية الكبيرة بالمقارنة باليابسة، لذا فإنه أثناء النهار تسخن الأرض بسرعة بتأثير الإشعاع الشمسي والمياه ببطء مما يجعل طبقات الهواء التي تعلو الأرض أكثر سخونة وأقل كثافة وضغطاً فترتفع لأعلى وتحل محلها طبقات الهواء الواقعة فوق سطح المياه الأقل سخونة والأكثر كثافة وضغطاً، بينما يحدث العكس ليلاً عندما تبرد الأرض بسرعة بينما تظل المياه أكثر سخونة وبعد هذا التأثير أيضاً واسع المدى، والمساحة، يُسمى أحياناً نسيم البر، ونسيم البحر.
- تباين تسخين الوديان والتلال والجبال ويحدث بطريقة مشابهة للتأثير السابق من حيث زيادة سخونة المناطق المرتفعة من تلال وجبال عن الوديان نهاراً، ويحدث العكس ليلاً ويعد هذا التأثير محلياً يرتبط بطبوغرافية المواقع والأماكن.
- دوران الأرض حول نفسها : تدور الأرض حول محورها الواصل بين القطبين الشمالي والجنوبي بسرعة زاوية ثابتة ولكن السرعة الخطية الفعلية تصل إلى أقصاها عند خط الاستواء وهي حوالي 1600Km/h و تنخفض إلى الصفر عند القطبين مما يؤدي إلى حركة كتل الهواء فوق خطوط العرض المختلفة بسرعات مختلفة كما يؤثر دوران الأرض في اتجاه الرياح على سطح الأرض، بما يسمى بقوة كوريوليس ؛ حيث تميل الرياح وكل الأشياء المتحركة كالتيارات المائية إلى يمين اتجاهها في النصف الشمالي للكرة الأرضية ؛ وإلى يسار اتجاهها في النصف الجنوبي.
- القاعدة العامة هي أن سرعات الرياح تتزايد بزيادة الارتفاع، وتتحرك طبقات الهواء الملاصقة لسطح الأرض بسرعات أقل كثيراً من المناطق المرتفعة بسبب الاحتكاك الناتج بين هذه الطبقات من سطح الأرض وإن كان هناك حالات تعكس فيها القاعدة فهي في الممرات الجبلية. (3)

#### (I\_4) العوامل المؤثرة في الرياح

تؤثر في الرياح عوامل عدة وهيا :

##### (I\_4\_1) الضغط الجوي

تنتج حركة الرياح عن الاختلاف الحاصل في الضغط الجوي من مكان الى اخر على الكرة الأرضية، حيث أنها تعمل على تعديل هذه الفروق المسجلة في الضغط الجوي وهكذا تنتقل الرياح مندفعة من مناطق الضغط المرتفع (H) إلى مناطق الضغط المنخفض (L) كلما كان الفرق في الضغط كبيراً كانت الرياح قوية و العكس صحيح.



الشكل (1.1): اتجاه حركة الرياح حول مراكز الضغط المرتفع و مراكز الضغط المنخفض في نصي الكرة الأرضية

## التضاريس (I\_4\_2)

إن اختلاف طبوغرافية سطح الأرض في الجهات الأربعة ، بين ارتفاعات وانخفاضات وأرض مستوية يجعلها تختلف في استقبال الإشعاع الشمسي وبالتالي الحرارة والضغط ونسبة الرطوبة و التساقط وكذلك في قوة الرياح واتجاهاتها ؛ فعندما تصطم الرياح بالمناطق الجبلية المواجهة ترتفع للأعلى وتبرد وتسقط مطرا وتعبر الجانب الآخر فتزيد درجة الحرارة وتصبح الرياح أكثر جفافا .

## ما هي أنواع الرياح الرئيسية ؟

### (I\_5) أنواع الرياح الأساسية وهي:

#### (I\_5\_1) الرياح الدائمة

الرياح دائمة الهبوب في المنطقة ذاتها من العالم تسمى الرياح السائدة و هذه الرياح تحدد أنماط الأحوال الجوية حول الكرة الأرضية، و يعود تكون الرياح السائدة إلى كون المناطق الاستوائية تتلقى حرارة أكثر من المناطق القطبية، لذا يندفع الهواء الحار شمال و جنوب خط الاستواء حيث يبرد و تتأثر اتجاه الرياح بحركة دوران الأرض حول نفسها فتنتج

#### (I\_5\_2) الرياح التجارية

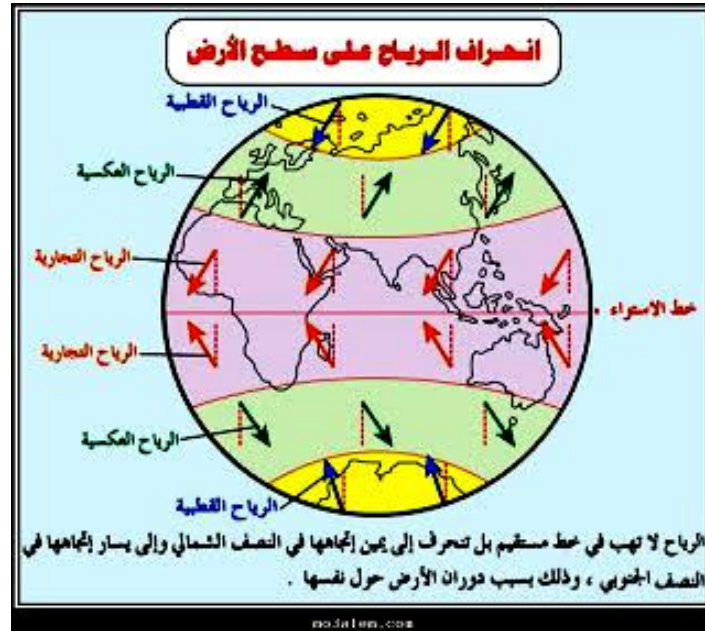
وتهب هذه الرياح من منطقتي الضغط المرتفع المداريتين نحو منطقة الضغط المنخفض الاستوائية، وتكون شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي، وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبي، وتمتاز الرياح التجارية بأنها جافة وغير ممطرة لأنها تأتي من جهات دافئة إلى جهات حارة.

#### (I\_5\_3) الرياح العكسية

تهب الرياح العكسية من منطقة الضغط المرتفع الموجود حول دائرتي 30° شمالا وجنوبًا إلى الدائرتين القطبيتين، وتهب عادة من الجنوب الغربي في نصف الكرة الشمالي، ومن الشمال الغربي في نصف الكرة الجنوبي، وهي تكون غالبا ممطرة ودافئة، وسبب ذلك أنها تأتي من جهات دافئة إلى جهات باردة نوعًا، وكثيرًا ما تصحب الرياح العكسية معها الأعاصير وهي عواصف شديدة الهبوب كثيرة الرعد والبرق مع تقلبات سريعة يضطرب معها الجو كثيرًا.

#### (I\_5\_4) الرياح القطبية

تهب الرياح القطبية من القطب الشمالي نحو الدائرة القطبية الشمالية، وتأتي من الشمال الشرقي كما تهب من القطب الجنوبي نحو الدائرة القطبية الجنوبية وتكون جنوبية شرقية وهي رياح باردة جافة.

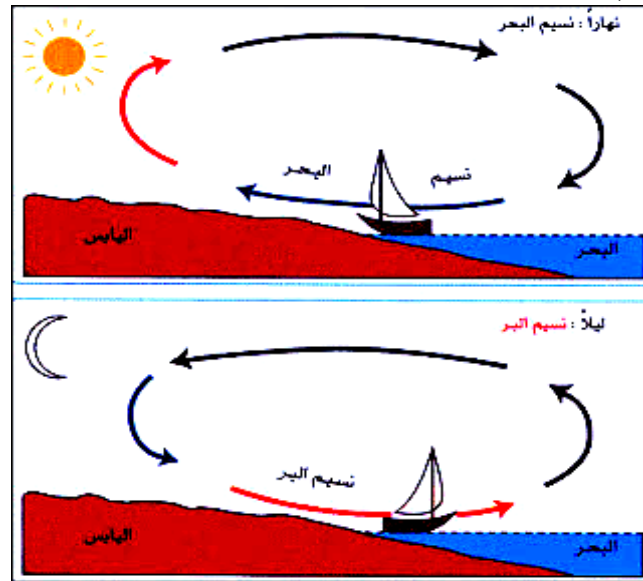


صورة توضح انحراف الارض

الشكل (2.I):  
الرياح على سطح

### الرياح اليومية (I\_5\_5)

هذه الرياح تهب يوميا و بصفة دورية و في مناطق محددة نتيجة لاختلاف درجة الحرارة في تلك المناطق مما يؤدي إلى اختلاف موضعي (محلي) للضغط الجوي ، مثال على هذا الرياح هو نسيم البحر و نسيم البر(أنظر أسفله) ، كما تهب أيضا في مناطق الوديان والأحواض الجبلية ، وتسمى نسيم الجبل (في الليل) ، ونسيم الوادي (في النهار).



توضيح خصائص الرياح

الشكل (3.I): صورة  
اليومية

### الرياح الموسمية (I\_5\_6)

سميت بالموسمية لأنها تهب في مواسم معينة و في مناطق محددة على سطح الأرض ، أهم المناطق التي تهب فيها قارة آسيا حيث يختلف هبوبها ما بين فصل الصيف و الشتاء ، وهي توجد في مناطق تداخل كتل الهواء القادمة من اليابسة والأخرى القادمة من البحر، وهي تكون على شكل حركة هوائية متناوبة بين الصيف و الشتاء ، وتهب في مواسم محددة ، فتكون في الشتاء بمثابة الرياح الشمالية الشرقية في نصف

الكرة الأرضية الشمالية وهي ذات مصدر قاري، أما في الصيف تكون جنوبية غربية رطبة ويرافقها أمطار كثيرة.

### (I\_5\_7) الرياح المحلية

يقتصر هبوبها على مناطق معينة من الكرة الأرضية و في فترات محددة من السنة ، يمكن أن نذكر رياح الشركي وهي رياح حارة (تهب من الشرق) ، السبروكو (تهب من الجنوب) و هناك أيضا السموم والخماسين، وكذا الرياح الشمالية مثل رياح الميسترال التي تهب على المقاطعات الفرنسية الواقعة على البحر الأبيض المتوسط (4)

### (I\_6) استغلال الرياح

تمكن الإنسان من استغلال الرياح بصور متعددة، مثل استغلالها:

- كمصدر للطاقة:

لإدارة الطواحين الهوائية

كمواد للطاقة الكهربائية باستعمال الرياح.

- كقوة دافعة:

لدفع السفن الشراعية

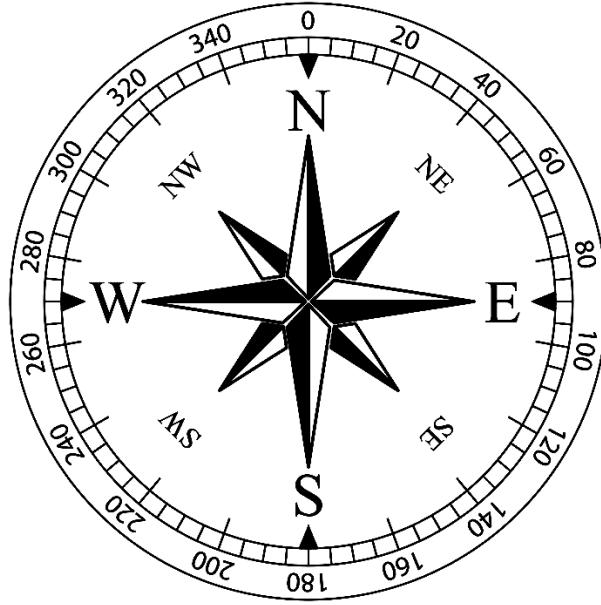
لرفع الطائرات وحتى الورقية وتفيد في الطيران والزراعة والصناعة فإذا كانت شديدة فإن بعض المجالات تتأثر بالرياح (5)

### (I\_7) طرق قياس سرعة الرياح و تحديد اتجاهها

#### (I\_7\_1) اتجاه الرياح

استعمل الإنسان طرقاً يدوية لمعرفة اتجاه الرياح منها تبليل الأصبع (السبابة) وتوجيهه إلى الأعلى يكون جانب الأصبع الذي يشعر بالبرودة هو تقريباً الجهة الذي تهب منه الرياح، و ذلك لزيادة معدل تبخر الرطوبة بسبب تدفق الهواء عبر الإصبع.

وهناك تقنية أخرى بدائية تتمثل في إسقاط القليل من العشب فيقع في الاتجاه الذي تهب منه الرياح من الاتجاه الاصطلاحي للرياح هي الاتجاه الذي تأتي منه الرياح و يعبر عنه الرصديون بزوايا تحسب انطلاقاً من الشمال في منحى دوران عقارب الساعة و تسمى الرياح حسب اتجاه قدومها حسب جهات أصلية (شمالية، شرقية، جنوبية وغربية) و جهات أخرى فرعية (شمالية شرقية، جنوبية غربية).



الشكل (4.I): صورة توضح بوصلة الاتجاهات

### سرعة الرياح (I\_7\_2)

يعبر عن سرعة الرياح بالعمدة knot ، وهي وحدة تقليدية تستخدم في الملاحة الشراعية لتحديد سرعة السفن، ترادف ما يسمى بالميل البحري Nautical Mile ، الذي يعادل 1\60 درجة من درجات الأرض و يستعمله الملاحون لعلاقته بالدرجات والدقائق التي تُقاس بها خطوط العرض وخطوط الطول.

والعمدة تساوي 1.15 ميل في الساعة (Mph) أي ما يعادل تقريبا 1.852 كيلومتر في الساعة (Km/h).

و يبين الجدول التالي التحويلات بين وحدات السرعة المشتركة

متر في الثانية	كيلومتر في الساعة	ميل في الثانية	العمدة	قدم في الثانية	
1	3.6	2.236936*	1.943844*	3.280840*	1متر في الثانية=
0.277778*	1	0.621371*	0.539957*	0.911344*	1كيلومتر في الساعة=
0.44704	1.609344	1	0.868976*	1.466667*	1ميل في الثانية=
0.514444*	1.852	1.150779*	1	1.687810*	1العمدة=
0.3048	1.09728	0.681818*	0.592484*	1	1قدم في الثانية=

الجدول (1.I): يبين التحويلات بين وحدات السرعة المشتركة

كما يستعمل سلم بوفور (Beaufort) لتصنيف قوة الرياح في مجال الأرصاد البحرية في 13 درجة.

درجة بوفور	عقدة بحرية kt	كلم/ساعة km/h	تسمية الدرجة
0	< 1	< 1	هادئة
1	1 – 2	1,1 – 5,5	هواء خفيف
2	3 – 6	5,6 – 11	نسيم خفيف
3	7 – 10	12 – 19	نسيم لطيف
4	11 – 15	20 – 28	نسيم معتدل
5	16 – 20	29 – 38	نسيم منعش
6	21 – 26	39 – 49	نسيم قوي
7	27 – 33	50 – 61	شبه هوجاء
8	34 – 40	62 – 74	هوجاء
9	41 – 47	75 – 88	هوجاء قوية
10	48 – 55	89 – 102	عاصفة
11	56 – 63	103 – 117	عاصفة قوية
12	> 63	> 117	إعصار (هوريكين)

الشكل (5.I): جدول يوضح تصنيف قوة الرياح حسب سلم بوفور

### (I\_8) أجهزة قياس سرعة الرياح و تحديد اتجاهها

يستعمل جهاز يسمى دوارة الرياح Wind vane لتحديد اتجاه الرياح وهي أنواع عدة تشترك في أنها تحدد الاتجاه بواسطة ذراع يسهل تحريكه أفقياً بواسطة الرياح، ويدل اتجاه مقدمته على اتجاه الرياح.

أما سرعة الرياح فتقاس بواسطة جهاز يسمى المرياح أو الأنيمومتر Anemometer حيث تختلف أجهزة قياس سرعة الرياح، من حيث تصميمها و مبدأ عملها، ومن أبرز تلك الأجهزة:

المرياح ذو الأكواب المتناوبة (Cup anemometer (Robinson anemometer)

المرياح ذو الدوامة (Propeller anemometer)

المرياح ذو المطحنة (windmill anemometer (Byram anemometer)

المرياح الحراري (ذو الخيط الساخن) (Hot wire anemometer)

المرياح البصري (جهاز الليزر الليزري) (Laser Anemometer (LIDAR)

المرياح ذو الموجات فوق السمعية (Ultrasonic anemometer)

المرياح الضغطي (بأنابيب البيتوت) (Pitot tube Pressure anemometer)

رادار دوبلر (Doppler Radar)

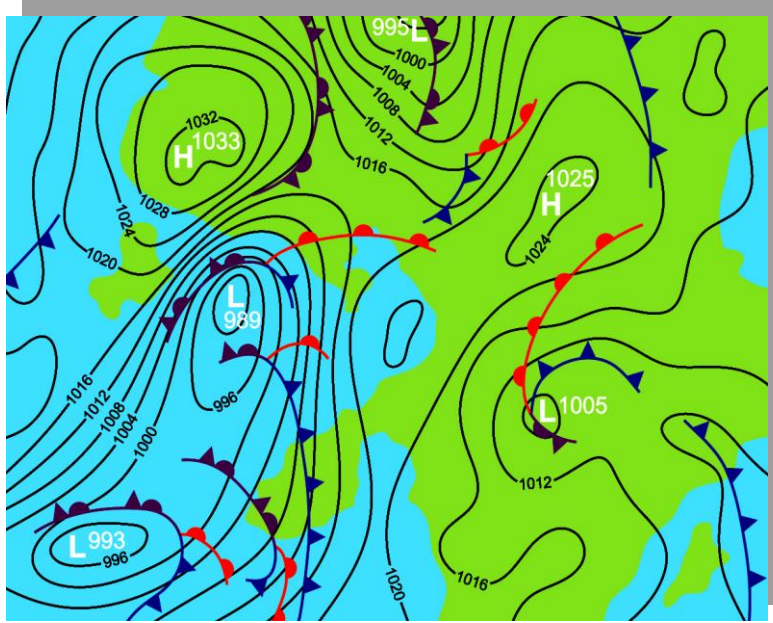
المواصفات والشروط الإجرائية لعملية قياس سرعة واتجاه الرياح

مهما تنوعت أجهزة القياس واختلفت تصميمها ومبدأ عملها، فإن قياس الرياح من طرف الرصديين، يتم عموماً على ارتفاع 10 أمتار من الأرض، باستعمال أعمدة أو سواري أو أبراج معدة خصيصاً لإثبات عمود الرياح بعيداً عن الحواجز الطبيعية وغيرها لتقليل تأثير العوامل السلبية على صحة القياسات، وذلك وفقاً لمعايير محددة من طرف المنظمة العلمية للأرصاد الجوية، تتضمن صدقية القياسات واعتمادها.

## (I\_9) معالجة معطيات قياس الرياح

يقيس الرصديون سرعة الرياح واتجاهها الآني بواسطة الأجهزة، ثم يحسب متوسط سرعة الرياح خلال دقيقتين أو عشر دقائق (الأكثر استعمالاً والأكثر تعبيراً) ويتم تسجيلها المعطيات يدوياً أو آلياً.

تقيس هذه الأجهزة أيضاً سرعة الهبات اللحظية والتي يمكن أن تتجاوز السرعة المتوسطة بـ 40%. يتم تحديد و تسجيل اتجاهات الرياح بالدرجات وفقاً لمحيط دائرة، وهي 360 درجة مبتدئة بالصفير في الشمال ومتجهة مع حركة عقارب الساعة ومنتهية بدرجة 360 التي تتفق مع درجة الصفير. تعطي خرائط الطقس صورة سريعة للرياح، حيث توصل النقط المتساوية الضغط بخطوط تساوي الضغط، فإذا كانت متقاربة، دل ذلك على شدة الرياح وقوتها، وبدل تباعدها على انخفاض شدتها ويمكن أيضاً بيان اتجاه الرياح من الخرائط، حيث تهب في نصف الكرة الأرضية الشمالي في اتجاه عقارب الساعة حول الضغط المرتفع، وعكس اتجاه لدوران عقارب الساعة حول الضغط المنخفض.

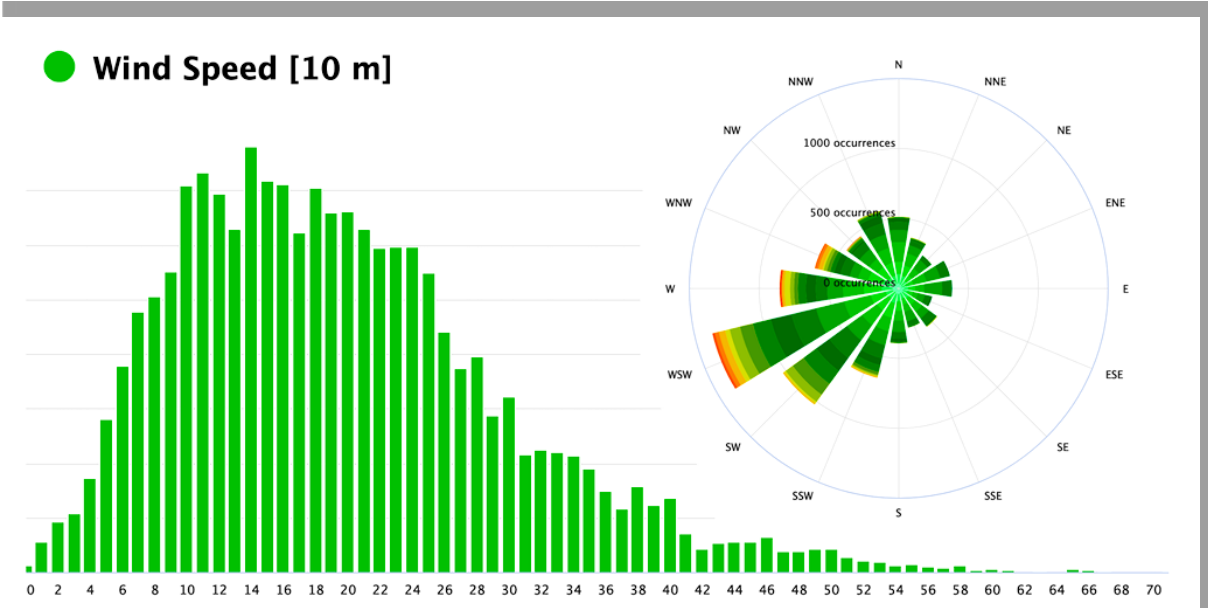


صورة تظهر  
العالي والضغط  
خرائط الطقس

الشكل (I.6):  
مناطق الضغط  
المنخفض في

غالباً ما تعالج معطيات القياس على شكل إحصائيات للسرعات والاتجاهات تستخدم لأغراض شتى عند تحليل إحصاءات الرياح الخاصة بمحطة رصد أو أكثر في أي منطقة توضح النسب المئوية لاتجاهات الرياح في الشهر أو الفصل أو السنة بواسطة رسم بياني يسمى "وردة الرياح Wind Rose" ويمكن أن تكون وردة الرياح بسيطة توضح النسب المئوية للاتجاهات الرياح فقط، أو وردة رياح مركبة تربط النسب المئوية لاتجاهات الرياح بسرعات الرياح كل اتجاه فإذا ما أريد توضيح سرعات الرياح في نفس الشكل، فإنها تقسم إلى فئات، وتحسب النسبة المئوية لكل فئة في كل اتجاه، وتقسّم الخطوط التي تمثل

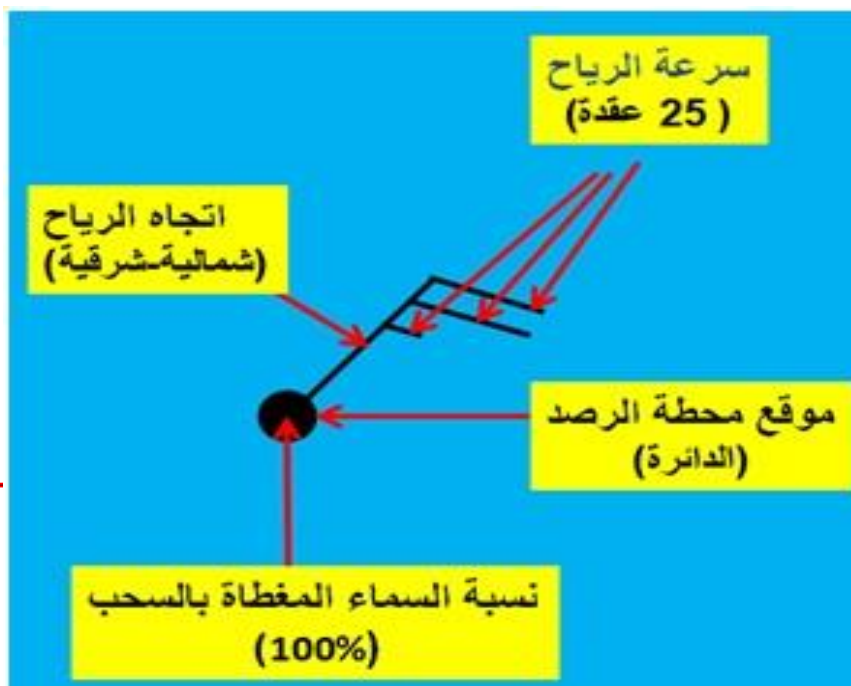
السرعات إلى أقسام تتناسب أطوالها مع النسب المئوية لفئات السرعة وفي كلتا الحالتين فإن النسبة المئوية لحالات السكون توضح رقميا في الدائرة الصغيرة المتوسطة .



الشكل (7.I): صورة توضح دائرة النسبة المئوية التي تربط سرعة الرياح لكل اتجاه

### I\_10 كيف يرمز للرياح في خرائط الرصد الجوي؟

يتم تمثيل الرياح في الخرائط الجوية بخطوط مستقيمة صغيرة تمثل اتجاه الرياح تنتهي بأسنان مائلة تعبر عن قوة الرياح أصل هذه القطع المستقيمة هو المكان الذي تهب إليه الرياح في حين يمثل عدد الأسنان وطولها سرعة الرياح مكان تواجد محطة الرصد يمثل بواسطة دائرة صغيرة ملونة جزئيا بالأسود حسب نسبة السماء المغطاة بالغيوم (الثلث, الربع, النصف, ...). عندما يتعلق الأمر بالخرائط التحليلية و في خرائط التوقعات تمثل بنقطة عوض الدائرة. (6)





الشكل (8.I): تمثيل الرياح في الخرائط الجوية

## الموجات الصوتية

### (I\_11) مبادئ علم الصوت

الموجات هي أحد أشكال انتقال الطاقة في وسط مادي، تحدث الأمواج في الأوساط المادية المختلفة حيث تنتقل هذه الطاقة من مكان إلى آخر دون أن تنقل جسيمات الوسط بصورة دائمة .

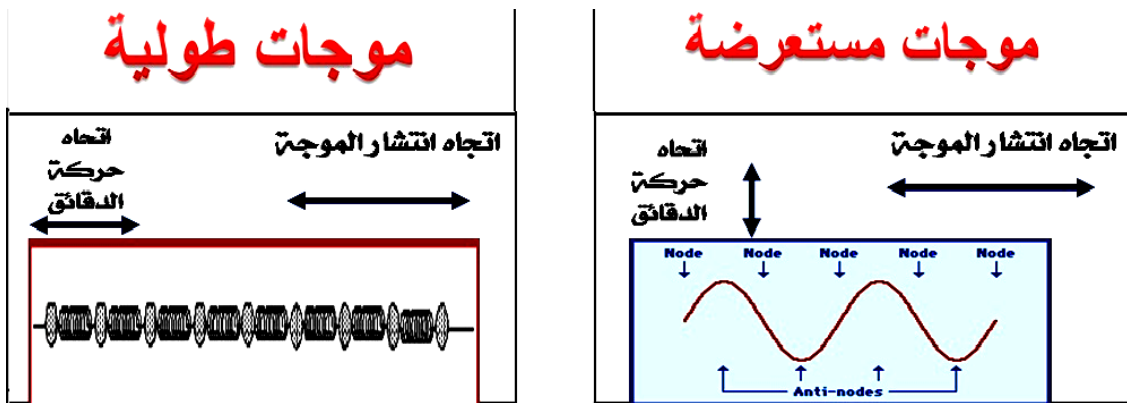
#### (I\_11\_1) الموجة المرنة

هي اثارات ميكانيكية تمتد في الوسط المرن و الجسم الخارجي المسبب لهذه الاثارات هو منبع الموجه وامتداد الموجة المرنة هو استثارة جسيمات الوسط الأبعد فالأبعد عن منبع الموجة.

تعرف الموجة المرنة بأنها طولية، إذا كانت اهتزازات جسيمات الوسط تحدث في اتجاه امتداد الموجة وهي تتكون من سلسلة من الضاغطات و التخلخلات.

#### (I\_11\_2) الموجة مستعرضة

إذا كانت جسيمات الوسط تهتز عموديا على اتجاه امتداد الموجة وهي تتكون من سلسلة من القمم والقيعان لا تظهر الموجات المستعرضة إلا في وسط ذو مرونة شكلية (خاصية مقاومة التشوه القصي)، أي و الأجسام الصلبة فقط أما الموجات الطولية، فترتبط بالتشوه الحجمي للوسط و تمتد في كل الأوساط



الشكل (9.I): اتجاه حركة الدقائق للموجات المستعرضة و الموجات الطولية

**I\_12 تعريف الموجات الصوتية**

بأنها الإثارات الضعيفة (الاهتزازات الميكانيكية ذات السعات الصغيرة)، التي تمتد في وسط مرن و تحرك موجات الصوت جسيمات الوسط حول حالة الاتزان فيزداد ضغط الوسط (كثافة الجسيمات) و ينقص دوريا في مناطق مرتفعة اومنخفضة الضغط (تضاغطات أو تخلخلات).

**I\_13 خصائص الموجات الصوتية**

هناك خمس خصائص لوصف الموجات الصوتية وهي:

**I\_13\_1 الطول الموجي**

هي المسافة المستقطعة ما بين اي نقطة على موجة والنقطة التي تقابلها في الموجة الثانية، ويُرمز له بالرمز  $\lambda$  ووحدته المتر.

**I\_13\_2 السعة**

هي أقصى إزاحة لجسيمات الوسط مؤقتاً من موقعها الأصلي نتيجة عبور الموجة.

**I\_13\_3 الدور**

هو الوقت اللازم لإكمال دورة واحدة موجة أو كاملة، يرمز إليه بـ (T) و يقاس بالثانية.

**I\_13\_4 التردد**

هو عدد الدورات الكاملة المنتجة في ثانية واحدة، يرمز إليه بـ  $f$  ويقاس بالهرتز (Hz)

**I\_13\_5 سرعة الموجة**

هي المسافة التي تقطعها موجة في ثانية واحدة، وتقاس بـ متر/ثانية (m/s).

**I\_14 سرعة امتداد الموجات الصوتية**

يعبر عن سرعة الموجات الصوتية في السوائل و الغازات بالعلاقة :

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

حيث  $E$  معامل المرونة الحجمي و  $\rho$  كثافة الوسط المادي (غير المثار)

الوسط	درجة الحرارة	السرعة $\nu$ (m/sec)
الهواء	(0°)	331
الهواء	(20°)	343
الهيدروجين	(0°)	1286
الأكسجين	(0°)	317
الهيليوم	(0°)	972
الماء	--	1493
مياه البحر	--	1533
الألمنيوم	--	5100
النحاس	--	3560
الحديد	--	5130
الرصاص	--	1322
المطاط	--	54

الجدول (2.I): جدول يبين سرعة الموجات الصوتية في السوائل و الغازات

### (I\_15) العوامل المؤثرة على سرعة الصوت

#### (I\_15\_1) تأثير درجة الحرارة على سرعة الصوت

الحرارة هي العامل الرئيسي المؤثر على سرعة الصوت في الغلاف الجوي للأرض، لذلك ففي حالة غاز مثالي معين بسعة حرارية ثابتة وتركيب ثابت، تعتمد سرعة الصوت فقط على درجة الحرارة

تعطى سرعة الصوت في الهواء الجاف (0% رطوبة) بالعلاقة:

$$c_{\text{air}} = 331.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \sqrt{1 + \frac{T}{273.15^\circ \text{C}}} \quad (1)$$

#### (I\_15\_2) تأثير الرطوبة على سرعة الصوت

لما كانت سرعة الصوت تزداد كلما قلت كثافة الوسط، فإن سرعة الصوت في الهواء تزداد مع ازدياد رطوبته، علماً بأن الهواء الرطب كثافته أقل من الهواء الجاف.

#### (I\_15\_3) تأثير السعة على سرعة الصوت

تؤثر السعة على الصوت إذا كانت كبيرة جداً، لكن في السعة الصغيرة تكون سرعة الصوت ثابتة

#### (I\_15\_4) تأثير الضغط على سرعة الصوت

يؤثر الضغط على سرعة الصوت بسبب خصائص القصور الذاتي للمواد، فكلما زاد الضغط على الوسط أصبح أكثر كثافة وزاد قصوره الذاتي، مما يبطل تفاعلات الجسيمات، فتقل سرعة الصوت .

### (I\_15\_5) تأثير الريح على سرعة الصوت

عندما تهب الريح بنفس اتجاه تقدم موجة الصوت فان سرعة الصوت تزداد و لكن اذا كانت الريح تهب باتجاه معاكس لاتجاه تقدم الصوت فان سرعة الصوت تقل.

### (I\_16) المعادلة التفاضلية للحركة الموجية

تعرف الموجة الطولية بأنها مستوية إذا كان الجهد  $u$  و سائر الكميات المميزة لحركة الوسط الموجية لا تعتمد سوى على الزمن و على أحد حدثيات ديكارت الفراغية ( مثلا  $x$  ) - وبالنسبة للموجات الصوتية التي تمتد في غاز أو سائل مثالي لانهائي ساكن و موحد الخواص لا تؤثر عليه قوى كتلية ، يحقق الجهد  $u$  المعادلة التفاضلية (للموجة الموجية) التالية :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (2)$$

حيث  $c$  سرعة امتداد الموجات

يتخذ حلها العام الصورة الآتية :

$$u = f_1(ct - x) + f_2(ct + x) \quad (3)$$

حيث  $f_1$  و  $f_2$  دالتان اختياريتان ، يمثل الحد  $f_1(ct-x)$  جهد موجة مستوية تمتد في الاتجاه الموجب للمحور  $Ox$  ، اما الحد  $f_2(ct+x)$  فهو جهد موجة مستوية تمتد في الاتجاه المعاكس وتعرف كلتا هاتين الموجتين بأنهما موجتان متنقلتان، تميزا لهما عن الموجات المستقرة.

و باعتبار الموجة الصوتية موجة جيبية (توافقية) مستوية، تخضع إزاحة أي نقطة في الوسط للمعادلة

$$u = u_{\max} \sin (kx - \omega t) \quad (4)$$

$$\omega = 2\pi f \text{ و } k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (5)$$

ترتبط السرعة و الطول الموجي بالتردد بعلاقة تنطبق على جميع الحركات الموجية:

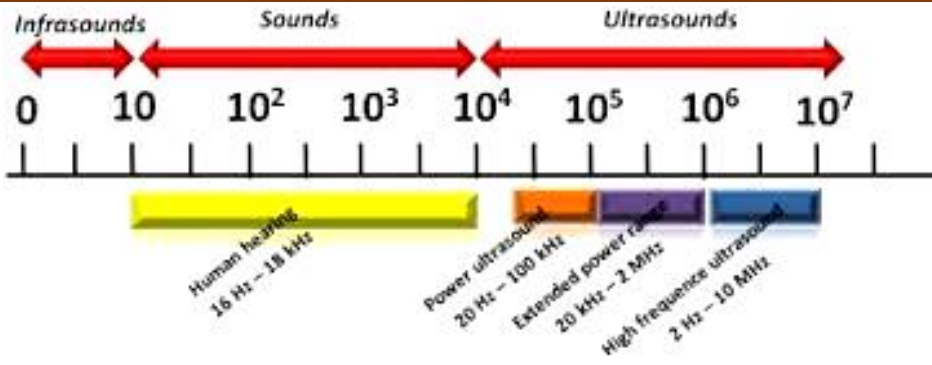
$$f = \frac{v}{\lambda}$$

السرعة velocity  
التردد the Frequency  
الطول الموجي the wavelength

(6)

### (I\_17) تصنيفات الموجات الصوتية

تصنف الموجات الصوتية طبقاً لتردداتها كما يلي:



الشكل (10.I): تصنيف الموجات الصوتية حسب تردداتها

### (I\_17\_1) الموجات دون السمعية

هي الموجات الصوتية التي يقل ترددها عن 20 هيرتز ولا تستطيع الأذن البشرية الإحساس بها وأهم مصادرها الحركة الاهتزازية والانزلاقية لطبقات القشرة الأرضية وما ينتج عنها من زلازل وبراكين، فهي مهمة في رصد الزلازل وتتبع نشاط البراكين ولذلك تستشعر بعض الحيوانات الزلازل قبل حدوثها.

### (I\_17\_2) الموجات السمعية

وهي تلك التي تقع ضمن قدرة الانسان على السمع، حيث يمكن له من خلال وقوعها ضمن التردد تمييزها والتفاعل معها بكل سهولة، والتي يكون ترددها بين 20 هيرتز و20.000 هيرتز.

### (I\_17\_3) الموجات فوق السمعية

هي الموجات التي تزيد تردداتها على 20 ألف هيرتز والتي تقع خارج نطاق حاسة الاذن البشرية وهي ما زالت موضع بحث واهتمام مكثف نظراً لتطبيقاتها في مجالات الصناعة والطب وغيرهما وقد أصبح بالإمكان إنتاج موجات فوق سمعية تزيد تردداتها على 1ميغاهيرتز وهي لا تختلف عن باقي الموجات الصوتية إلا بقصر طول موجاتها وإمكان تنقلها على هيئة أشعة دقيقة عالية الطاقة.

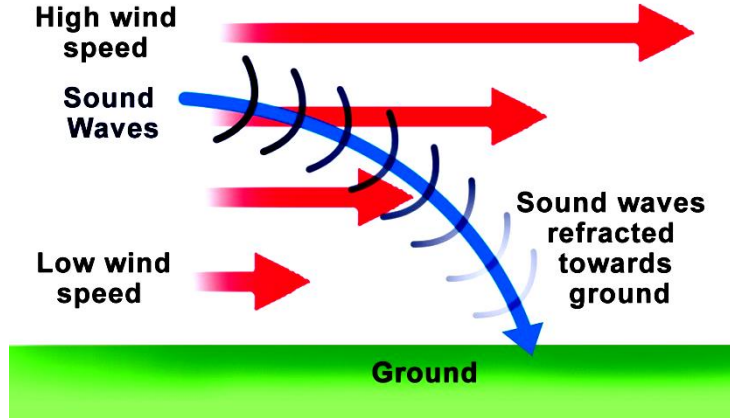
يمكن للموجات فوق السمعية أن تسبب اضطرابا في وسط مادي مرن ينتشر خلاله في وقت محدود، عن طريق تحريك جزيئاته بشكل يعتمد على ما إذا كانت القوة عمودية أو موازية للسطح فيؤدي على التوالي، إلى إنتاج اهتزازات ضغطية (موجات طولية) أو اهتزازات قصية (موجات مستعرضة).

يتم توليد الموجات فوق السمعية عن طريق تحويل تيارات متناوبة عالية التواتر إلى اهتزازات ميكانيكية ويتم عادة الكشف عن هذه الأمواج باستخدام بلورات كهروضغطية piezoelectric أو بوسائل صوتية، حيث يمكن بالإفادة من انعراج الضوء جعل هذه الأمواج مرئية. (7)

كيف تؤثر الرياح على الامواج فوق صوتية؟

### (I\_18) تاثير الرياح على الامواج فوق صوتية

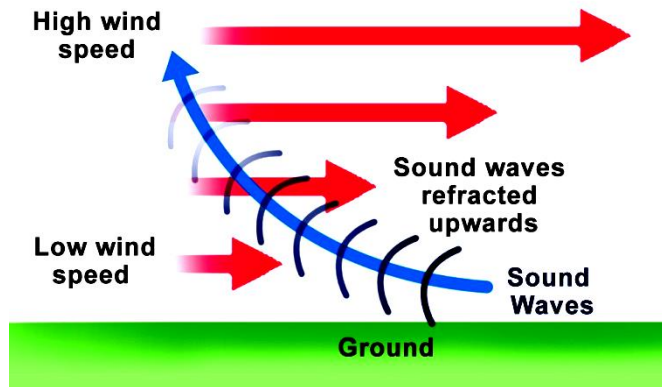
تؤثر الرياح في سرعة الصوت خلالها، إذ تنتقل الموجة الصوتية أسرع في اتجاه الرياح وتكون أبطأ عكسها. بصرف النظر عن تحذب السرعة أو تعزيزها، فإن الرياح تغير أيضًا مسار الموجات الصوتية عن طريق الانكسار.



الشكل (11.I): تنكسر الموجات الصوتية التي تسير بنفس اتجاه الرياح نحو السطح

عند تحرك الموجة الصوتية باتجاه الرياح، يتحرك الجزء العلوي من الموجة أسرع من النصف السفلي بسبب التباين في سرعة الرياح. يزداد الفرق بين أعلى وأسفل الموجة بشكل كبير عبر المسافات الطويلة. وفي نهاية المطاف، تغيّر الموجة الصوتية اتجاهها وتنحسر إلى أسفل نحو الأرض. في الموجة التي تسير ضد الرياح، تنخفض سرعة الصوت، وتقل سرعة النصف العلوي من الموجة أكثر من السفلي، ثم تنكسر الموجة في النهاية إلى أعلى بعيداً عن الأرض.

بسبب اختلاف سرعة الرياح، غالبًا ما يؤدي انكسار الموجات الصوتية إلى تكوين مناطق ظل تبقى خالية من أي صوت



الشكل (12.I): تنكسر الموجات الصوتية التي تسير عكس اتجاه الرياح بعيداً عن السطح

ينتج انكسار الصوت من الاختلاف في سرعات الرياح، ما يجعل سماع الأصوات الصادرة مع اتجاه الرياح سهلاً، وأكثر صعوبة عندما يكون المصدر عكس اتجاه الرياح. (8)

**خاتمة (I\_19)**

تطرقنا في هذا الفصل الى معرفة الرياح و مصدرها وخصائصها و قمنا بالاجابة على الاسئلة الموجودة في المقدمة حيث استنتجنا علاقة الرياح بالامواج فوق السمعية المستخلصة في ان انتقال الامواج مع اتجاه الرياح اسرع من انتقالها عكس اتجاه الرياح

## (II) الفصل الثاني

قياس سرعة و اتجاه الرياح  
بواسطة  
استخدام مستشعرات الموجات فوق  
السمعية





## (II) قياس سرعة واتجاه الرياح بواسطة استخدام مستشعرات فوق السمعية

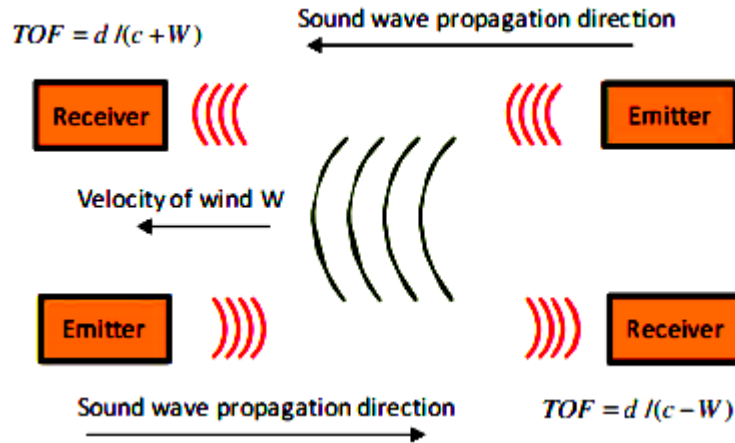
### (II\_1) مقدمة

تجد أجهزة الاستشعار بالموجات فوق السمعية تطبيقات صناعية وعلمية مهمة في قياس سرعة السوائل وخاصة سرعة الرياح حيث سندر في هذا الفصل المبدء الذي تعتمد عليه اجهزة الاستشعار لقياس سرعة واتجاه الرياح و هو مبدء قياس وقت الرحلة (ToF) وهو الوقت اللازم للموجة فوق السمعية الانتقال من جهاز الإرسال إلى أجهزة الاستشعار المستقبلية

تصف التجربة الحالية طريقة يتم فيها استخدام دفعتين من الإشارات بترددات مختلفة ضمن عرض النطاق الترددي لمبدلات الطاقة للحصول على (ToF) يقاس فرق الطور بين الإشارة المرسله والمستقبله بترددين ثم تُجمع النتائج لإعطاء (ToF) يمكن الحصول على اتجاه الرياح بقياس إضافي في الاتجاه المتعاقد بواسطة زوج ثانٍ من أجهزة الاستشعار.

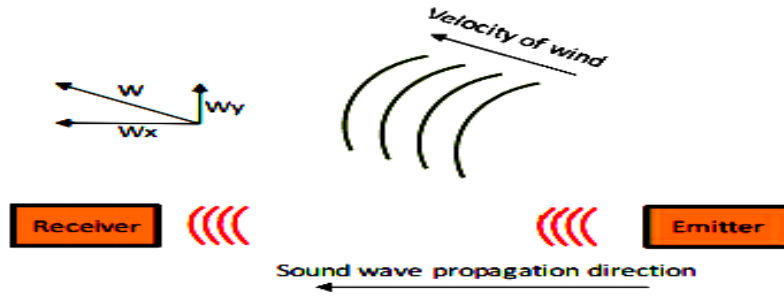
### (II\_2) قياس وقت الرحلة (ToF)

لقياس سرعة الرياح بالموجات فوق السمعية ، يتم قياس الوقت الذي تستغرقه الإشارة المرسله للوصول إلى جهاز الاستقبال معرفة المسافة بين الباعث والمستقبل ، يمكن حساب سرعة الصوت إذا كانت هناك رياح في اتجاه الإشارة المرسله ، فإن السرعة التي تنتشر بها الإشارة ستكون مجموع سرعة الصوت في الهواء بالإضافة إلى سرعة صوت الرياح إذا كانت الرياح في الاتجاه المعاكس للإشارة الصوتية ، فإن السرعة الفعالة ستكون سرعة الصوت في الهواء مطروحًا منها سرعة الرياح انظر الشكل (1.II):



الشكل (1.II): تأثير سرعة الرياح في نفس الاتجاهين المعاكسين لانتشار الصوت على ToF.

عندما لا يتم محاذاة الرياح بشكل مباشر مع المستشعرات ، فإن مكون الرياح في اتجاه الصوت المرسل فقط سوف يساهم في التغيير في وقت وصول الإشارة الصوتية ، كما هو موضح في الشكل (2.II):



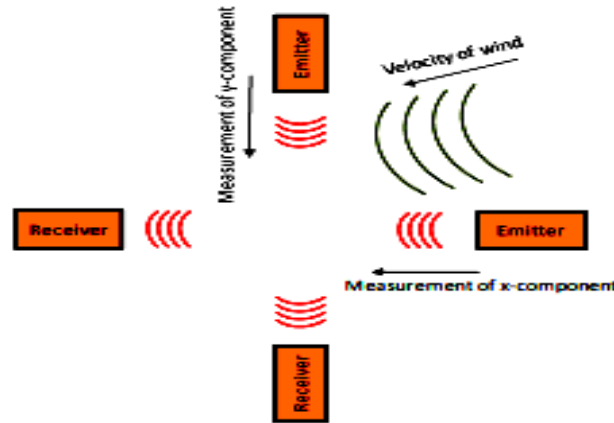
الشكل (2.II): عندما لا تتماشى الرياح مع مسار انتشار الصوت ، يتحلل تأثيرها إلى مكونات متجهية

وبالتالي ، باستخدام زوج ثانٍ من المحولات بزواوية قائمة من الزوج الأول ، يمكن تحديد الاتجاهين x و y لسرعة الرياح لأنها ستؤثر على وقت وصول الإشارات الصوتية بشكل مختلف اعتماداً على اتجاهها.

$$x = (d / 2) * (1 / t_{WE} - 1 / t_{EW})$$

$$y = (d / 2) * (1 / t_{SN} - 1 / t_{NS})$$

(1)  
انظر الشكل (3.II) :  
ظل زاوية اتجاه الرياح هو  
حاصل قسمة الاتجاهين x و y



الشكل (3.II): باستخدام قياسين متعامدين ، يمكن استخلاص المكونين x و y للرياح ، وبالتالي يتم تحديد زاوية اتجاه الرياح

تعتمد سرعة الصوت في الهواء على درجة حرارة الهواء بالعلاقة التالية :

$$c = \sqrt{\frac{T}{273.15} + 1} \quad (2)$$

هذا يعني أن درجة الحرارة يجب أن تقاس لتوفير قيمة دقيقة لسرعة الرياح ومع ذلك ، فإن إجراء قياسين لـ TOF في اتجاهين

متعاكسين يمكن أن يحدد سرعة صوت الوسط ، والذي يعتمد على درجة الحرارة ، وسرعة الرياح بشكل منفصل وبالتالي ، يمكن تحديد درجة حرارة الهواء من خلال القياسات ، وهي معلومة مفيدة في بيئة يتم فيها قياس متغيرات الأرصاد الجوية مثل سرعة الرياح واتجاهها الوقت الذي تستغرقه الإشارة للانتشار في اتجاه الريح ،  $t_F$  وضد الرياح  $t_B$  يُعطى بالتعبيرات التالية:

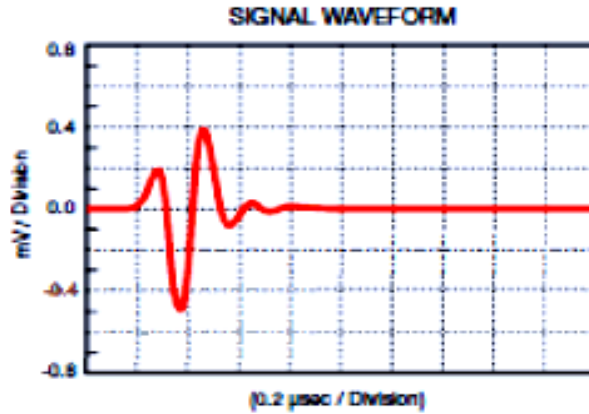
$$t_F = \frac{d}{c+W} \quad t_B = \frac{d}{c-W} \quad (3)$$

حيث  $d$  هي المسافة بين المستشعرات ، و  $c$  هي سرعة الصوت في الهواء و  $W$  هي سرعة الرياح من هنا يمكن حساب سرعة الرياح  $W$  وسرعة الصوت في الوسط  $c$  ودرجة الحرارة  $T$  على النحو التالي:

$$W = \frac{d}{2} \left( \frac{1}{t_F} - \frac{1}{t_B} \right) \quad c = \frac{d}{2} \left( \frac{1}{t_F} + \frac{1}{t_B} \right) \quad T = 273.15 \left( \left( \frac{c}{331.45} \right)^2 - 1 \right) \quad (4)$$

### II\_3 مبدأ قياس (ToF) ومشكلة حساسات النطاق الضيق

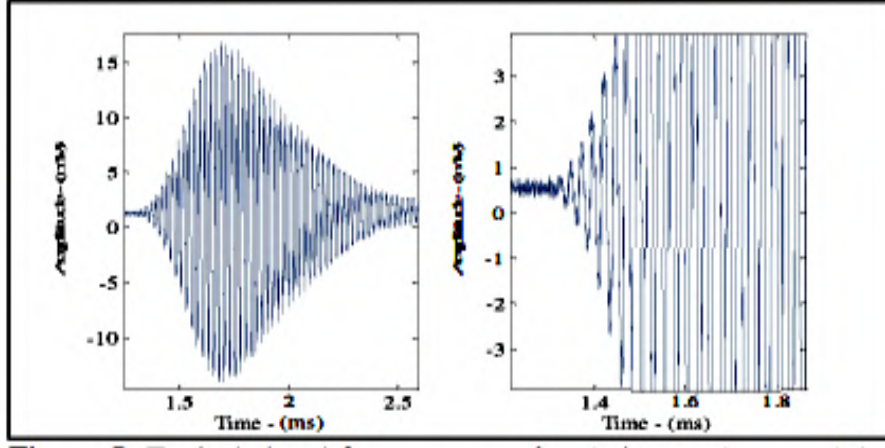
TOF هو الوقت الذي تستغرقه إشارة الموجات فوق السمعية من مغادرة الباعث إلى جهاز الاستقبال في أبسط الحالات ، يتم الكشف عن الإشارة المستقبلية عندما يتجاوز الجهد عند المستقبل قيمة عتبة معينة تقع فوق مستوى الضوضاء الأرضية مباشرةً ويمكن تنفيذها باستخدام أداة مقارنة يمكن بعد ذلك استخدام خرج المقارنة لإيقاف المؤقت أو مقاطعة المعالج أو تنشيط طريقة أخرى لقياس الوقت بين إرسال إشارة الباعث ومراقبة الإشارة عند جهاز الاستقبال



الشكل (4.II): الإشارة الواضحة لمحول طاقة تجاري نموذجي في سائل

عادةً ما يكون لمحول الطاقة بالموجات فوق السمعية المستخدمة في السوائل عرض نطاق عريض نسبيًا وتكون الإشارات المتولدة قصيرة كما يمكن رؤيته في المثال النموذجي لمحول الطاقة التجاري الموضح في الشكل (4.II) محولات الطاقة الكهربائية الانضغاطية بالموجات فوق السمعية للاستخدام في الهواء من ناحية أخرى ، تميل إلى أن تكون فترة رنين طويلة بعد نبضات التنشيط الأولي أحد أسباب ذلك هو الاختلاف الكبير في المعاوقة الصوتية بين المادة الكهرضغطية والهواء ، مما يتسبب في ارتداد الإشارة

ذهابًا وإيابًا داخل المادة ، يمكن رؤية الإشارة من محول الطاقة هذا في الشكل ( 5.II ) حيث كانت إشارة الإثارة عبارة عن سلسلة من 10 دورات من موجة جيبية عند 40 كيلو هرتز مع زوج من محولات الطاقة مفصولة بنحو 500 متر

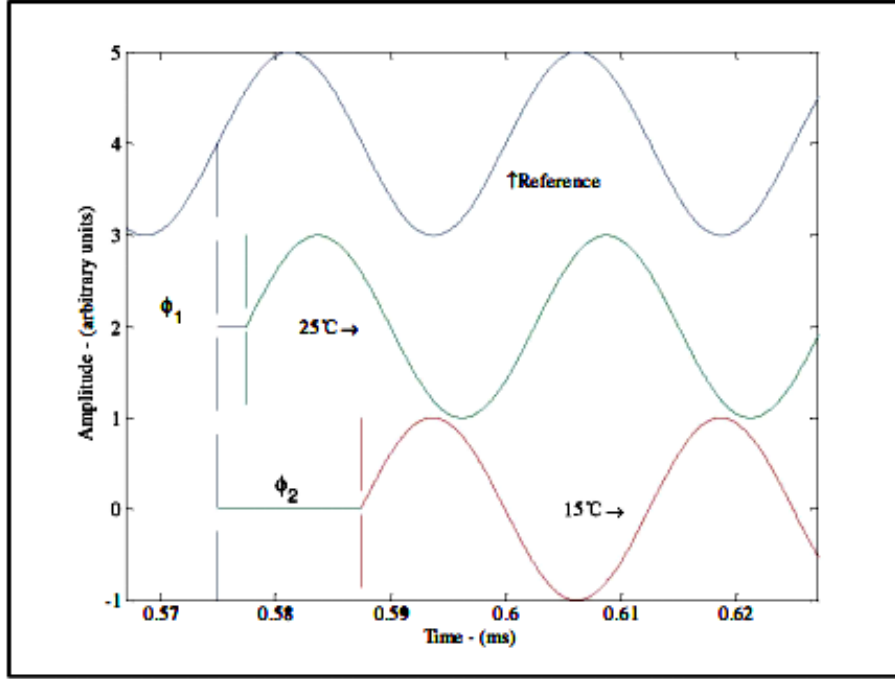


الشكل ( 5.II ): إشارة نموذجية من محول هواء ضيق النطاق وتفصيل دورات الموجة الأولية

يُظهر الجزء الأيمن من الشكل ( 5.II ) نسخة مكبرة من الجانب الأيسر هنا يمكن ملاحظة بداية النبض المستقبل بمزيد من التفصيل تكون التذبذبات الأولية صغيرة جدًا من حيث الاتساع ، وفي الواقع يبدو أن البداية تقع ضمن ضوضاء الإشارة. تم بالفعل حساب متوسط الإشارة في الشكل أربع مرات لتقليل تأثيرات الضوضاء، ومع ذلك لا تزال أجزاء من الإشارة تظهر ضمن اتساع أرضية الضوضاء هذا التأثير يجعل التحديد الدقيق لـ TOF غير ممكن بمجرد استخدام مستوى عتبة بسيط. (9)

#### II\_4 طريقة مقارنة المرحلة

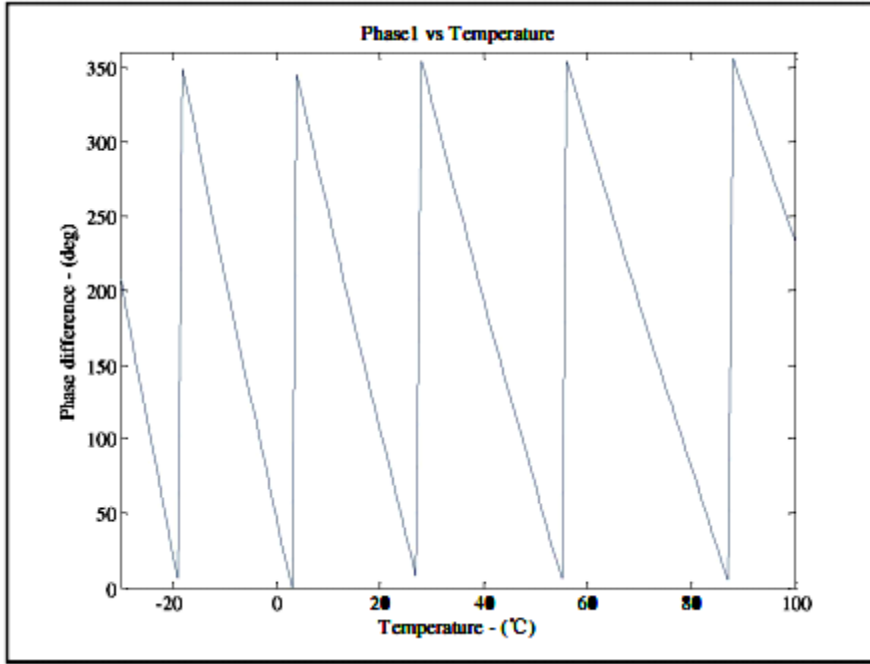
يمكن أيضًا تطبيق طريقة بديلة تعتمد على مقارنة الطور التي تم استخدامها في قياسات المسافة وقياسات درجة الحرارة لتحديد سرعة الرياح واتجاهها بدون رياح وبدرجة حرارة ثابتة ، ستبقى سرعة الصوت في الهواء و TOF دون تغيير أثناء القياسات المتتالية بينما لا يمكن تحديد وقت الوصول الدقيق من خلال النظر إلى بداية الإشارة المستقبلية ، يمكن حسابه من خلال النظر إلى فرق الطور بين الإشارة المرسل والمستقبل في منطقة يكون فيها الاتساع كبيرًا إذا كان التردد ثابتًا، فسيكون فرق الطور ثابتًا في أي جزء من الموجة لدرجة حرارة ومسافة معينة بين المستشعرات.



الشكل (6.II): تؤدي أوقات الوصول المختلفة بسبب التغيرات في درجات الحرارة إلى اختلافات في الطور مع الإشارة الأصلية التي لها قيم مختلفة. يتم فصل الباعث والمستقبل بمقدار 200 مم ويعملان عند 40 كيلو هرتز

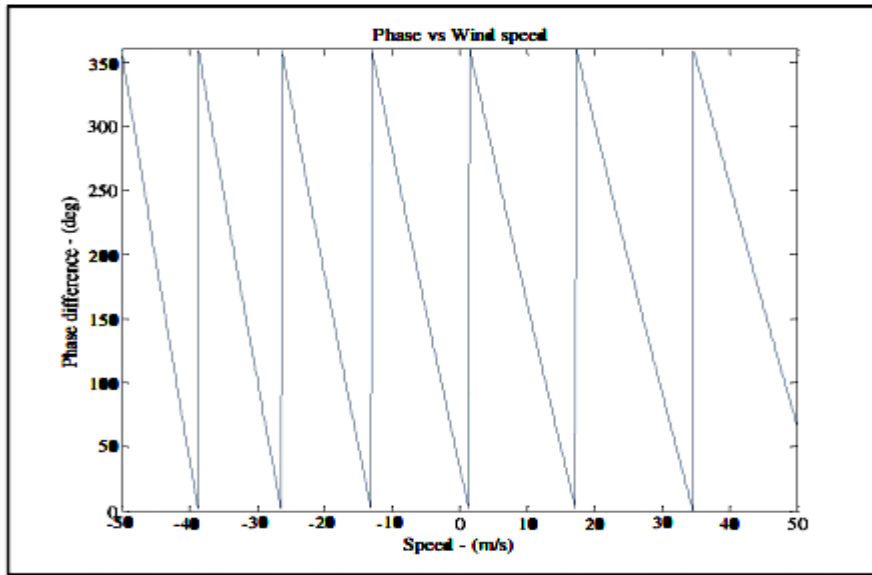
يوضح الشكل (6.II): أنه عند درجة حرارة  $25^{\circ}\text{C}$ ، يكون للإشارات المرسل والمستقبل فرق طور معين بينهما في  $18^{\circ}\text{C}$ ، تكون سرعة الصوت أبطأ إلى حد ما وستستغرق الإشارة وقتاً أطول قليلاً للوصول سينتج عن ذلك زاوية طور مختلفة بين الإشارة المرسل والمستقبل.

بالنظر إلى تغيرات الطور لسرعات الرياح التي تصل إلى  $50\text{ m/s}$  في أي من الاتجاهين، عند درجة حرارة ثابتة تبلغ  $25^{\circ}\text{C}$  ومع المستشعرات  $200\text{mm}$ ، يتم الحصول على الرسم البياني في الشكل (6.II) هنا مرة أخرى هناك العديد من سرعات الرياح التي تتوافق مع نفس قيمة المرحلة ولا يمكن تحديد سرعة الرياح الفعلية من القياس.



الشكل (7.II): قيم المرحلة للإشارة المستقبلية عندما تتغير درجة الحرارة بين -30 درجة مئوية و 100 درجة مئوية

يوضح الشكل (7.II) فرق الطور لدرجات الحرارة التي يمكن أن تكون نموذجية للمواقع التي يمكن نشر مزارع الرياح فيها ، أي -30 درجة مئوية إلى 100 درجة مئوية ، باستخدام مسافة 200mm بين المستشعرات وتردد 40 كيلو هرتز يتغير فرق الطور بين 0 و 360 درجة ، ولكن نفس قيمة الطور تحدث عدة مرات ، مما يخلق غموضًا فيما يتعلق بجزء درجة الحرارة الذي تتوافق فيه قيمة معينة إذا تم اعتبار نطاق درجة الحرارة فقط بين 0 درجة مئوية و 25 درجة مئوية، على سبيل المثال، فلن يحدث هذا الغموض



الشكل (8.II): التغيير في مرحلة الوصول لتغيرات الرياح من -50 ميكرومتر إلى +50 مل عند درجة حرارة 25 درجة مئوية ومسافة مستشعر 200mm وتعمل عند 40 كيلو هرتز

## II\_5 استخدام الترددات المزدوجة

يمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام قياس ثانٍ بتردد مختلف سيكون للإشارة ذات التردد المختلف طول موجة مختلف ، وبالتالي سيختلف عدد الأطوال الموجية الكاملة التي تتناسب بين المستشعرات ما تبقى من قسمة المسافة على الطول الموجي سيكون زاوية المرحلة وبالتالي يعتمد على التردد يجب أن يكون التردد الثاني ضمن النطاق الترددي الذي يمكن أن تنتج المحولات ، وبالتالي سيكون مختلفًا قليلاً فقط عن التردد الأول باستخدام الفرق بين أطوار الترددين، يمكن تحديد قيمة فريدة لدرجة الحرارة أو سرعة الرياح.(10)

يمكن شرح الطريقة على النحو التالي المسافة بين الباعث والمستقبل ثابتة ،  $d$  ، في حالتنا 200mm يمكن أن تتناسب هذه المسافة عددًا كاملاً من الأطوال الموجية ،  $n$  ، والباقي هو مرحلة الإشارة المستقبلية بالنسبة إلى ترددين ،  $f_1$  و  $f_2$  ، فإن العلاقات هي:

$$d = \lambda_1(n_1 + \phi_1) ; d = \lambda_2(n_2 + \phi_2)$$

where

$$\lambda_1 = c / f_1 ; \lambda_2 = c / f_2$$

(5)

حيث تمثل  $c$   
سرعة الصوت ،

و  $f$  التردد ،  $\lambda$  أي الطول الموجي ،  $\Phi$  المرحلة (بمدى من صفر إلى واحد) ،  $n$  عدد الموجات الكاملة التي تتناسب مع  $d$  ، المسافة تشير العلامات الفرعية إلى الترددين

ينتج عن الجمع بين التغييرات العلاقة التالية

حيث تمثل  $c$  سرعة الصوت ، و  $f$  التردد ،  $\lambda$  أي الطول الموجي ،  $\Phi$  المرحلة (بمدى من صفر إلى واحد) ،  $n$  عدد الموجات الكاملة التي تتناسب مع  $d$  ، المسافة تشير العلامات الفرعية إلى الترددين

ينتج عن الجمع بين التغييرات العلاقة التالية :

$$\frac{d}{c} \Delta f = \Delta n + \Delta \phi \quad (6)$$

$\Delta n$  يمكن أن يكون 0 أو 1

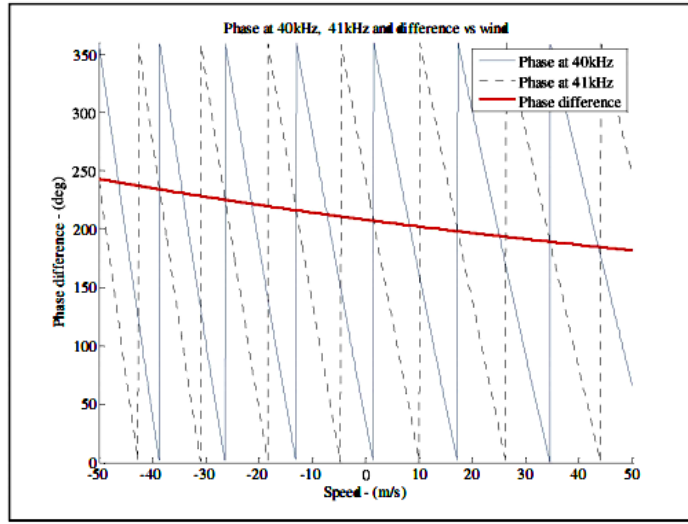
اعتمادًا على أي من المرحتين متقدم ويمكن دمج قيمته في  $\Delta \Phi$  باستخدام التعبيرات التالية

$$\begin{cases} \phi_1 > \phi_2, \Delta \phi = \phi_1 - \phi_2 \\ \phi_2 \geq \phi_1, \Delta \phi = \phi_1 - \phi_2 + 1 \end{cases} \quad (7)$$

يمكن الآن حساب TOF من:

$$TOF = \frac{d}{c} = \frac{\Delta\phi}{\Delta f} \quad (8)$$

يوضح الشكل ( 9.II ) مراحل الترددات البالغة 41 كيلوهرتز و 40 كيلوهرتز وفرق الطور وفقاً للمعادلات أعلاه عندما تشهد الرياح على الحلقة 200mm بأكملها اختلافات من 50-m/s إلى 50m/s بينما تلتف قيم الطور الفردية عدة مرات ، فإن قيمة الفرق ليس لها غموض في الطور في النطاق المحدد تم تحويل قيم المرحلة من صفر إلى نطاق واحد إلى نطاق من 0 إلى 360 درجة ، ولكن يمكن أيضاً تعيينها في النطاق 0 إلى  $2\pi$  عند الضرب بالعامل المناسب.



الشكل (9.II): قيم الطور عند 40 كيلو هرتز و 41 كيلو هرتز والفرق بينهما عندما تختلف سرعة الرياح من -50 م / ث إلى +50 م / ث بينما تكون درجة الحرارة 25 درجة مئوية والمسافة بين المستشعرات 200mm



## خاتمة (II\_6)

قدم في هذا المبحث طريقة لقياس سرعة الرياح واتجاهها باستخدام محولات طاقة الموجات فوق السمعية ضيقة النطاق من خلال استخدام ترددات مزدوجة يتغلب قياس المرحلة في جزء من الموجة حيث يكون الاتساع كبيراً على صعوبات قياس وقت الوصول عندما تكون بداية الإشارة القادمة صغيرة جداً وعلى نفس مستوى الضوضاء. (11)-(12)

الكتاب النظيف

# (III) الفصل الثالث

قياس الرياح بواسطة جهاز  
ويندسونيك Windsonic



### (III) قياس الرياح بواسطة جهاز الويندسونيك WINDSONIC :

#### (III\_1) مقدمة

يصف هذا الفصل جهاز لقياس سرعة واتجاه الرياح المسمى ويندسونيك Windsonic هو الجهاز المعتمد حاليا لدى مصالح الأرصاد الجوية لقياس الرياح السطحية (ثنائية الأبعاد) ، و يوضح طريقة عمله و معطيات القياس الناتجة عنه ، كما يتطرق كيفية التشغيل الميداني للجهاز، ومن ناحية أخرى يخصص محورا كامل لمحاكاة القياسات و المعايرة و التصميم الالكتروني مشابه للجهاز المعني من الناحية الوظيفية لكنه يوسع الدراسة إلى قياس الريح ثلاثية الأبعاد بواسطة هذا التصميم.(13)

#### (III\_2) وصف جهاز الويندسونيك

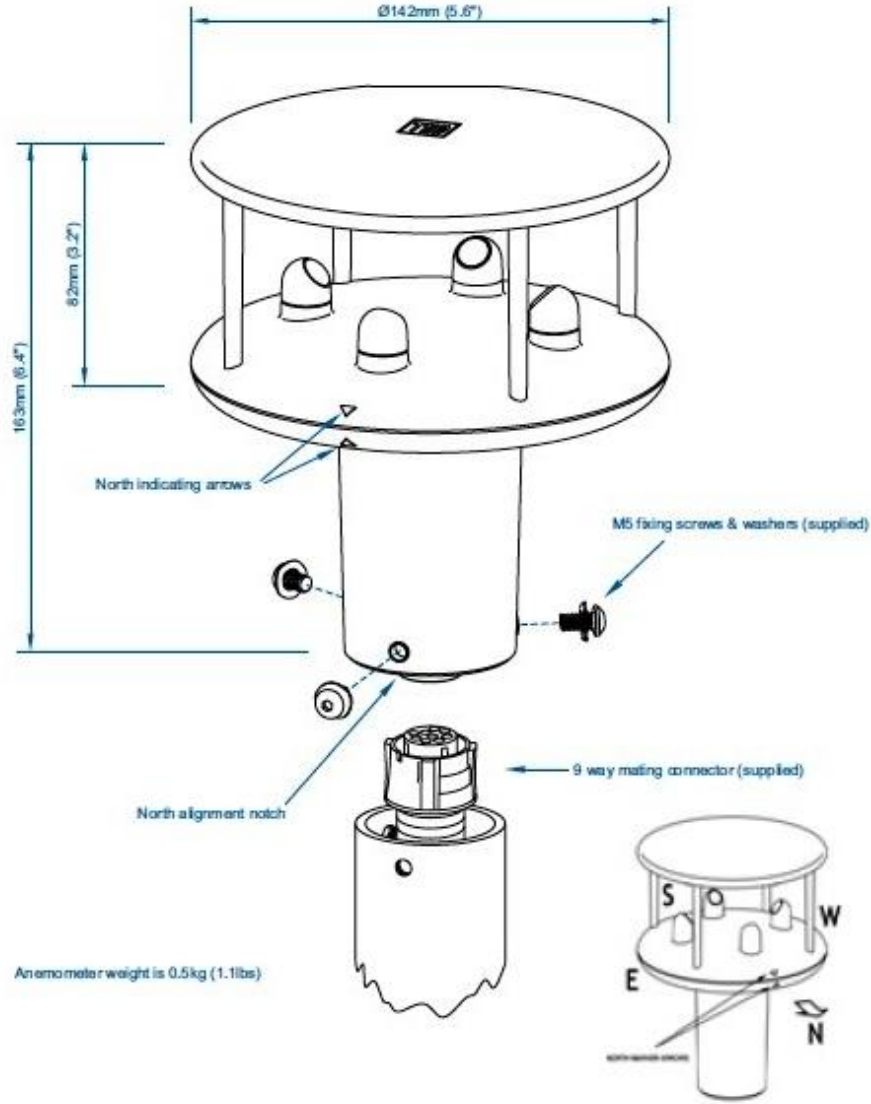
الجهاز المسمى ويندسونيك Windsonic ، المصنوع من شركة جيل Gill Instruments ، هو جهاز لقياس سرعة واتجاه الرياح السطحية (ثنائية الأبعاد) يعتمد على استعمال الموجات فوق السمعية. يتميز الجهاز بخلو تصميمه الداخلي من الأجزاء الميكانيكية المتحركة، مما يجنبه عوائق الاحتكاكات و يقلل الأعطال الميكانيكية الناتجة عنها إلى حد العدم. تمت معالجة السطح الخارجي لجهاز ويندسونيك بواسطة مواد مضادة للتآكل، مما يجعله قابلا للاستخدام في بيئات جد قاسية و يمكن تثبيت الجهاز بسهولة نظرا لتزويده بذراع تثبيت مناسب و اشتماله على الأدوات والملاحق اللازمة للتوصيل. لا يحتاج الجهاز على العموم إلى الالتزام بالمعايرة في الموقع أو لعمليات الصيانة إلا نادرا.



الشكل (1.III): صورة لجهاز الويندسونيك

#### (III\_3) التصميم الخارجي لجهاز الويندسونيك

يتكون جهاز الويندسونيك من علبة مغلقة، اسطوانية الشكل، مزودة بأربعة مستشعرات متعامدة (90°) على محيط الدائرة العلوية حيث يتقابل كل اثنين منهما، و يعمل كل مستشعر كمولد و ملتقط للموجات فوق السمعية على السواء، تعلو الجهاز اسطوانة أخرى (أقل سماكة و بنفس القطر) من أجل الحماية و لها وضايف أخرى.



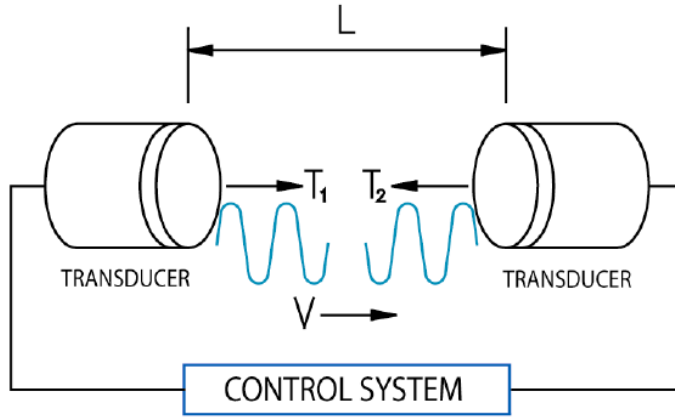
الشكل (2.III): صورة توضح التصميم الداخلي لجهاز الويندسونيك

#### III\_4 مبدأ عمل جهاز الويندسونيك

يقوم جهاز الويندسونيك بالقياسات في المستوي (NS - EW) معتمدا على الموجات فوق السمعية. حيث يقيس الزمن  $t_{NS}$  التي تستغرقه نبضة فوق سمعية للانتقال من المستشعر الشمالي N إلى المستشعر الجنوبي S ، ويقارنها بالزمن  $t_{SN}$  الذي يستغرقه النبض للانتقال من المستشعر S إلى المستشعر N ، و بالمثل تتم مقارنة الأزمنة  $t_{WE}$  و  $t_{EW}$  من وإلى المستشعر الشرقي E و المستشعر الغربي W على التوالي.

على سبيل المثال، إذا هبت رياح شمالية فإن الوقت الذي يستغرقه النبض للانتقال من N إلى S سيكون أسرع منه من S إلى N ، في حين أن من W إلى E و E إلى W سيكون الوقت نفسه ، يمكن بعد ذلك حساب سرعة الرياح و اتجاهها من الاختلافات في أوقات الطيران على كل محور.

## TIME OF FLIGHT THEORY



$$T_2 = \frac{L}{C - V} \quad \text{And} \quad T_1 = \frac{L}{C + V}$$

الشكل (3.III): توضيح معادلات وقت الرحلة

هذا الحساب مستقل عن عوامل مثل درجة الحرارة.  
باعتبار الاتجاهات الأربعة، لدينا المركبتين الشعاعيتين للسرعة

$$x = (d / 2) * (1 / t_{WE} - 1 / t_{EW})$$

$$y = (d / 2) * (1 / t_{SN} - 1 / t_{NS})$$

و منه يكون ظل زاوية اتجاه الرياح هو حاصل قسمة الاتجاهين x و y

### III\_5 المواصفات التقنية لجهاز الويندسونيك

يعتبر جهاز الويندسونيك مستشعرا بالغ الحساسية (يلتقط الرياح الضعيفة جدا)، عالي الدقة وذو نطاق قياسات واسع كما يتميز بكونه بسيط للغاية في الاستعمال.

<b>Output</b>		
Units of measure	Metres/second (m/s), Knots, Miles per hour (mph), Kilometres per hour (kph), Feet per minute (fpm)	
Output frequency	0.25, 0.5, 1, 2, or 4 outputs per second	
Parameters	Digital	Analogue
	Polar - Speed and Direction UV - 2 axis, signed Speed NMEA Speed and Direction Tunnel - U speed & U Polarity	Polar - Speed and Direction UV - U Speed and U Polarity NMEA - Speed and Direction Tunnel - U Speed & U Polarity
<b>Wind Speed</b>		
Range	0 – 60m/s,	0 – 5m/s, 0 – 10m/s, 0 – 20m/s, 0 – 30m/s, 0-40m/s, 0 – 50m/s, 0 – 60m/s
Accuracy	± 2% (at 12m/s)	± 2% (at 12m/s)
Resolution	0.01 m/s	10 bits
<b>Wind Direction</b>		
Range	0 - 359°	0 - 359° Or 0 - 539° (Wraparound mode)
Accuracy	± 2° (at 12m/s)	± 2° (at 12m/s)
Resolution	1°	1°
<b>Analogue output formats</b>		
0-5V 4-20mA 0-20mA	± 1% of full scale N.B. Analogue output impedance = 1KΩ (V out) Load resistance between the Analogue outputs (Pins 8 & 9) and Signal Ground (Pin 1) must be <= 300 ohms, including cable resistance.	
<b>Digital output formats</b>		
Gill Marine – NMEA	Continuous or Polled (output on request by host system) Polar (Speed and Direction) or UV (2 axis, signed Speed) NMEA 0183 version 3	
<b>Communication formats</b>		
WindSonic Option 1 WindSonic Option 2 WindSonic Option 3 Baud Rate	RS232 RS232, RS422, RS485 (2 wire Point to Point) RS232, RS422, RS485 (2 wire Point to Point), and Analogue 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 Baud Rates	
<b>Anemometer status</b>	Status OK and Error codes included in output message	

<b>Environmental</b>	
Moisture protection	IP66
Temperature	Operating -35°C to +70°C Storage -40°C to +80°C
Humidity	Operating <5% to 100%
EMC	EN 61326
<b>Standards</b>	Manufactured within ISO9001: 2008 quality system

<b>Power requirement</b>	5 – 30 V DC Option 1 and 2 units. 7 – 30 V DC. Option 3 units. Current drain depends on variant i.e. RS232 approximately 9mA rising to 44mA for Analogue variant. Lowest power consumption is obtained with the following configuration: - M2, P20, B3, S9 (approximately 5.5mA at 12v).
<b>Mechanical</b>	
Size / weight	142mm diameter x 163mm 0.5kg
Mounting	Pipe mounting 1.75 inches (44.45mm) diameter
Material	External - Acrylate Styrene Acrylonitrile, Polycarbonate blend.

الجدول ( 1.111): جدول حول مواصفات جهاز ويندسونيك windsonic

**(III\_6) تشغيل جهاز الويندسونيك**

يعتبر جهاز الويندسونيك من فئة المستشعرات الذكية حيث أنه مزود بنظام إلكتروني متطور يقوم بمعالجة أولية للقياسات وتهيئة وسائط الربط والتوصيل، لذلك يستخدم إما مع جهاز مسجل بيانات datalogger، أو أجهزة عرض رقمية/تمثيلية، وإما مباشرة مع حاسوب.

**(III\_7) التشغيل الاختباري للجهاز (القياسات التجريبية)**

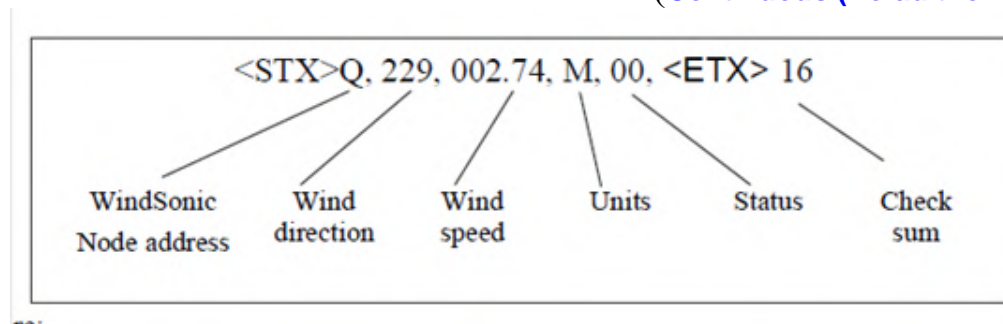
عند اقتناء الجهاز وتواجده بورشة الصيانة، لفترة وجيزة، قبل تثبيته النهائي في محطة الرصد الجوي المعنية، يتم إجراء التشغيل الاختباري وتستخلص القياسات التجريبية كما هو مبين فيما يلي:

```
File Edit Format View Help
WindView Log File
Add Notes here
WindSonic log test
Name: Anemometer 1
Output Format: GILL_POLAR_TWO_AXIS
Log file opened: 13/06/2008 10:50:09

Q,322,000.22,M,00,01D,1,13/06/2008 10:50:10
Q,307,000.22,M,00,01A,2,13/06/2008 10:50:11
Q,342,000.28,M,00,011,3,13/06/2008 10:50:12
Q,320,000.29,M,00,014,4,13/06/2008 10:50:13
Q,340,000.12,M,00,01A,5,13/06/2008 10:50:14
Q,312,000.21,M,00,01D,6,13/06/2008 10:50:15
Q,318,000.37,M,00,010,7,13/06/2008 10:50:16
Q,321,000.26,M,00,01A,8,13/06/2008 10:50:17
Q,291,000.19,M,00,01C,9,13/06/2008 10:50:18
Q,312,000.14,M,00,01B,10,13/06/2008 10:50:19
Q,314,000.20,M,00,01A,11,13/06/2008 10:50:20
```

الشكل ( 4.III): القياسات التجريبية للجهاز

تعرض المعطيات الرقمية وفقاً لأحد الأنماط المعيارية المحددة من المصنعين والمعتمدة من طرف هيئات تقنية دولية مختصة. ومن بين هذه الأنماط نذكر نمط جيل القطبي المستمر (Gill format- Polar) **(Continuous (Default format)**



الشكل ( 5.III): انماط معيارية خاصة بالمعطيات الرقمية



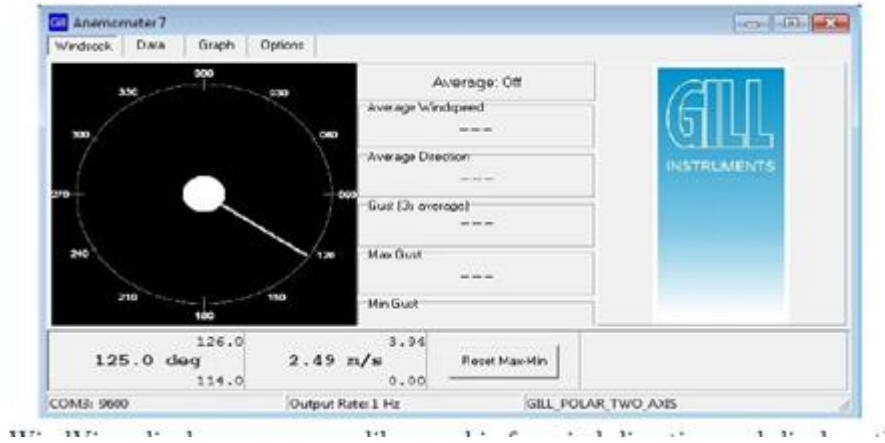
**(III\_8) التثبيت النهائي و التشغيل الميداني لجهاز ويندسونيك**

مهما تنوعت أجهزة القياس واختلفت تصميمها ومبدأ عملها، فإن عملية القياس تتم باتتباع مواصفات و شروط إجرائية محددة، نذكر منها مثلا القياس على ارتفاع 10 أمتار من الأرض، باستعمال أعمدة أو سوارى خاصة تثبت بعيدا عن الحواجز الطبيعية وغيرها لتقليل تأثير العوامل السلبية على صحة القياسات، وذلك وفقا لمعايير المنظمة العلمية للأرصاد الجوية، تضمن صدقية البيانات و اعتمادها.



الشكل ( 6.III ):تثبيت الجهاز على اعمدة ارتفاعها 10متر

- و عندئذ نقوم بتشغيل الجهاز باتتباع المراحل التالية:
- المعاينة الخارجية، مراقبة المكونات ثم التركيب و الربط بحاسوب المحطة و بأجهزة برج المراقبة.
  - ادخال معاملات الضبط و التحكم المناسبة للجهاز وفقا نوع الربط و نمط التحوار مع الحاسوب
  - مراقبة المعطيات التقنية و القياسات التجريبية الفعلية
  - التشغيل النهائي للجهاز في محطة الرصد الجوي و اعتماد القياسات الميدانية.
- في هذه المرحلة تتم قراءة المعطيات بواسطة تطبيق برامجي مصمم من طرف المصنع (15)



الشكل ( 7.III ) : تطبيق مثبت في الحاسوب لقراءة المعطيات

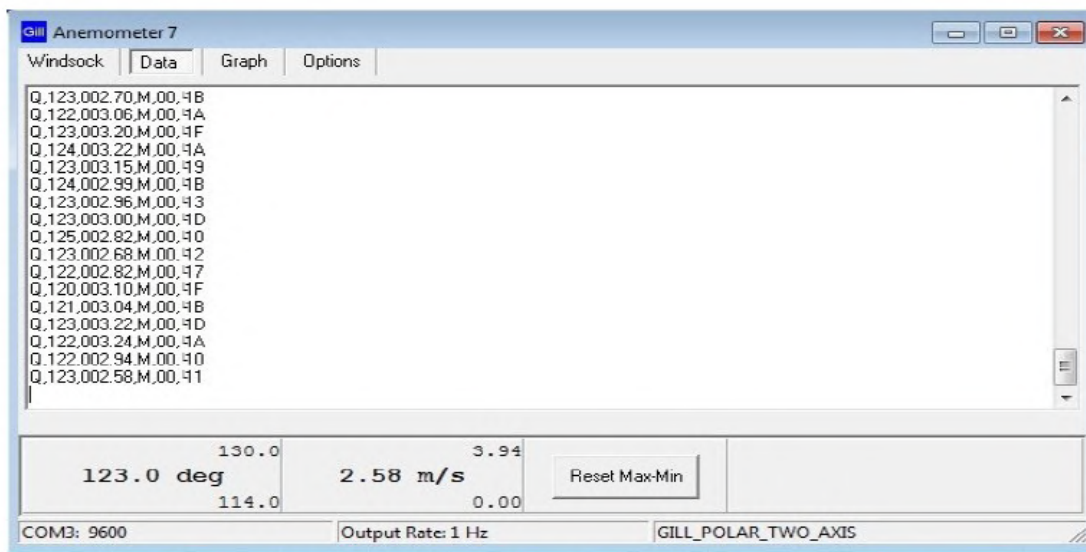


Figure 3: WindView displays the sensor data as received.

الشكل ( 8.III ) : معطيات رقمية

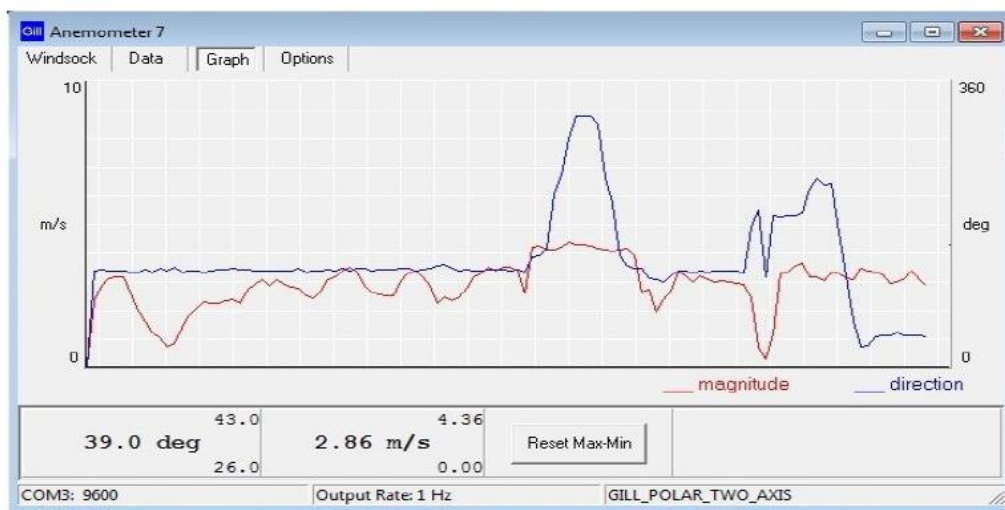
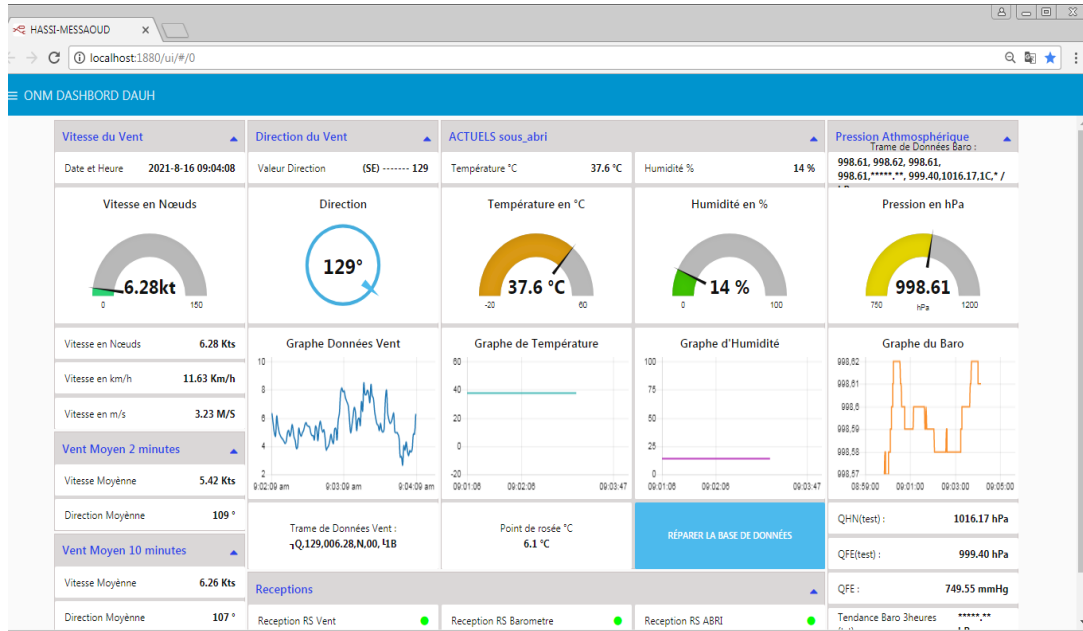


Figure 4: WindView plots both wind speed and direction.

الشكل ( 9.III ) : معطيات بيانية

كما صمم مهندسو الديوان الوطني للأرصاد الجوية تطبيقا برامجيا متطورا يسمح بقياس العوامل الجوية ويعالجها و يخزنها و يعرضها بالحاسوب بشكل عملي و شامل مبين في الشكل التالي



الشكل ( 10.III ):تطبيق مطور لقياس العوامل الجوية

يتم ترحيل البيانات إلى أبراج المراقبة الجوية بالمطارات و قراءتها على شاشة حاسوب أو أجهزة عرض خاصة . (14)



الشكل ( 11.III ):عرض البيانات على شاشة الحاسوب



Meteorological Display

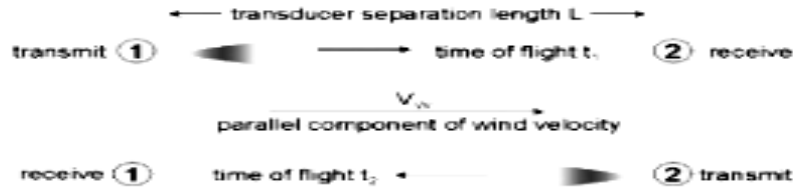


Marine Display

الشكل ( 12.III ): اجهزة عرض خاصة

### III\_9 محاكاة قياسات المعايرة بواسطة تصميم الكتروني مشابه للجهاز

نظرا لتعذر القيام بقياسات تجريبية على جهاز ويندسونيك للمصنع بسبب تهيئته النهائي في محطات الرصد الجوي التي تعمل بشكل متواصل، ارتأينا أن نقوم بمحاكاة قياسات المعايرة بواسطة تصميم الكتروني يشبه الجهاز المعني من الناحية الوظيفية و يشتمل مبدئيا على جميع مكوناته التقنية.

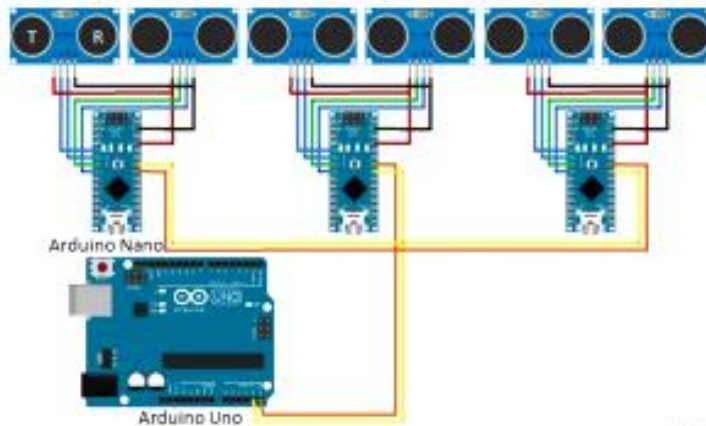


الشكل ( 13.III ):المبدء العام لاجهزة الاستشعاع الفوق صوتية

### III\_10 تصميم النظام الإلكتروني

يرتكز هذا التصميم على المنظومة الإلكترونية Arduino nano 3 و Arduino Uno 1 وستة (6) أزواج من أجهزة الاستشعار بالموجات فوق السمعية ، تعمل المستشعرات المستخدمة (HC-SR04) بموجات فوق سمعية ترددها 40 كيلو هرتز، ويستخدم كل محور من المحاور X و Y و Z زوجين (مرسل-مستقبل ، مستقبل-مرسل) من المحولات التي تواجه بعضها البعض وفي اتجاهين متعاكسين.

تولد المرسلات إشارة كهربائية ، يتم تحويلها إلى موجات فوق سمعية تتلقاها المستقبلات المقابلة، ثم تحولها مرة أخرى إلى إشارة كهربائية ويتم الحصول على وقت انتقال الموجة بين زوجي المحولات ، يشير الشكل التالي إلى صورة سلسلة الوحدات المكونة لمقياس فوق سمعي للرياح ثلاثية الأبعاد .



دارة صوتية

الشكل ( 14.III ):

## للرياح ثلاثية الأبعاد

**III\_11 حساب سرعة الرياح واتجاهها باستخدام طريقة وقت الرحلة**

يستخدم حساب سرعة الرياح واتجاهها طريقة وقت الرحلة وترتيب مستشعر محول الطاقة المزدوج الشكل (14.III) من وقت انتقال النبضة الذي تم الحصول عليه على كل محور في الاتجاه المعاكس ، سيتم الحصول على سرعة الرياح على المحاور X و Y و Z ويمكن تحديد اتجاه الرياح في المستويين الرأسي والأفقي باستخدام الإسقاط باستخدام الإسقاط الشكل (16.III)، يتم تحديد سرعة الرياح VX و VY و VZ باستخدام المعادلة التالية:

$$v_x = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{t_x} - \frac{1}{t_{-x}} \right) \quad (3)$$

$$v_y = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{t_y} - \frac{1}{t_{-y}} \right) \quad (4)$$

$$v_z = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{t_z} - \frac{1}{t_{-z}} \right) \quad (5)$$

وبالتالي ، من أجل تحديد اتجاه الرياح في المستويين الأفقي (φ) والعمودي (θ) (16) تم الحصول عليها بواسطة المعادلتين 6 و 7 على التوالي:  
بحيث

$$v_p^2 = v_x^2 + v_y^2 \quad (8)$$

$$v_p = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (9)$$

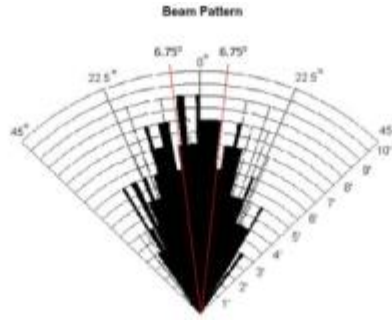
علاوة على ذلك ، يتم استبدال المعادلتين (8) و (9) في المعادلة (7) لتقدير المستوى العمودي (θ) التالية:

$$\theta = \frac{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}}{v_z} \quad (10)$$

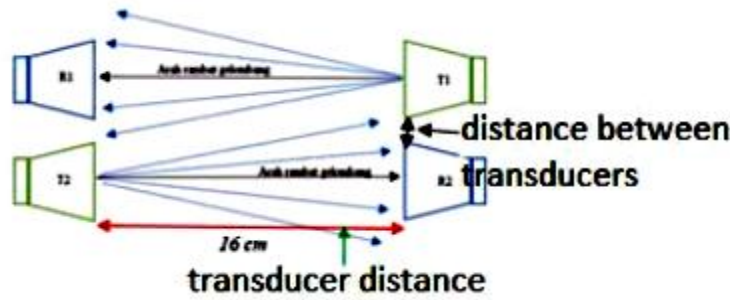
**III\_12 تصنيع Wind Sonic**

تم تصميم Wind Sonic بناءً على خصائص مستشعر صوت الرياح ، السمة التي تصبح مرجعا في تصميم صوت الرياح هي انتشار الموجات فوق السمعية المنبعثة من جهاز الإرسال.

يوضح الشكل (15.III): انتشار الموجات فوق السمعية ، حيث يشير الشكل إلى خصائص الموجات فوق السمعية من مستشعر صوت الرياح. يمكن توضيح نمط توزيع الموجات فوق السمعية لتحديد المسافة بين محاولات الطاقة على الرياح الصوتية ، والتي يمكن توضيحها كما في الشكل (16.III):



الشكل (15.III): نمط توزيع الموجات فوق السمعية من جهاز الاستشعار



الشكل (16.III): رسم توضيحي لنمط توزيع الموجات فوق السمعية

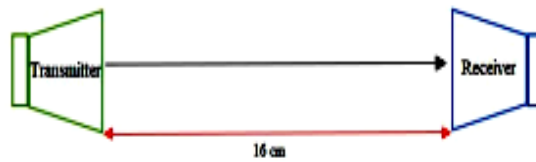
### III\_13 معايرة مستشعر الرياح الصوتي

يتم إجراء المعايرة على كل من المحاور (محاور X و Y و Z). تتم عملية المعايرة باستخدام مصدر مروحة. تتضمن بعض العمليات التي يتم إجراؤها في المعايرة العملية الأولى ، وإيجاد الوقت اللازم لإرسال الموجات فوق السمعية من جهاز الإرسال إلى المستقبل على 16cm

$$\varphi = \frac{v_y}{v_x} \quad (6)$$

$$\theta = \frac{v_p}{v_z} \quad (7)$$

الشكل (17.III): البيانات المتعلقة بنتائج اختبار وقت انتقال محول الطاقة يمكن رؤيته في الجدول (2.III) الذي يوضح أن الوقت الذي يستغرقه جهاز الإرسال لإرسال إشارة الموجات فوق السمعية إلى جهاز استقبال (محول واحد) يتراوح بين (398-399) ميكرو ثانية ، هذه المرة هي الحالة الأولية لمستشعر صوت الرياح عندما لا ينقطع.



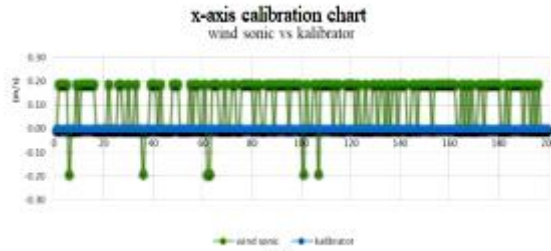
الشكل (17.III): العملية الأولى لمعايرة حساس الرياح الصوتية

**Table 1. Trial of transducer travel times**

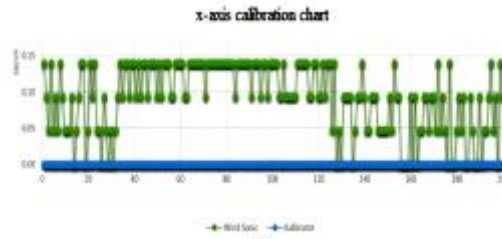
No	Time of Flight ( $\mu s$ )	No	Time of Flight ( $\mu s$ )
1	399	11	398
2	399	12	398
3	398	13	399
4	399	14	399
5	398	15	398
6	398	16	399
7	399	17	399
8	399	18	398
9	398	19	399
10	399	20	399

الجدول (2.III): نتائج المعايرة للمحاور X و Y و Z في حالة عدم انقطاع

تمت معايرة المحاور X و Y و Z في حالة غير منقطعة مع وجود مسافة بين محولات الطاقة ، تم عرض نتائج معايرة المحور X للمسافة بين محولات الطاقة التي تبلغ 3mm و 10mm في الشكل (18.III) للمحور X، بينما الشكل (19.III) للمحور Y الشكل (20.III) خاص بالمحور Z.

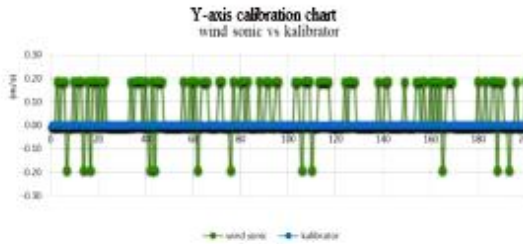


(a)

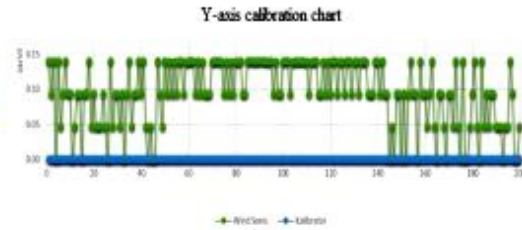


(b)

الشكل (18.III): ينتج عن معايرة المحور X السيني حالة غير منقطعة. المسافة بين المحولات 3mm و 10mm لـ (a) و (b) على التوالي

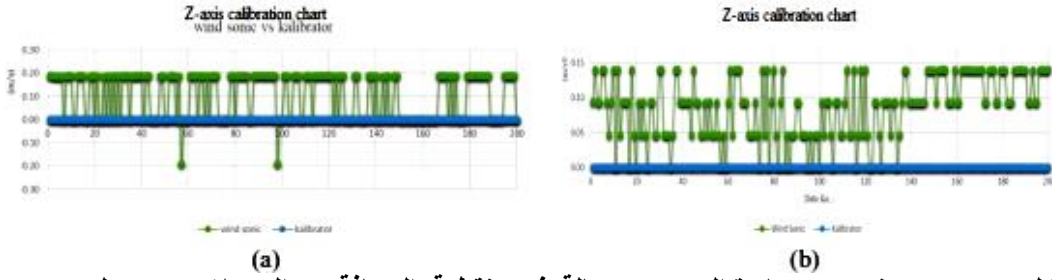


(a)



(b)

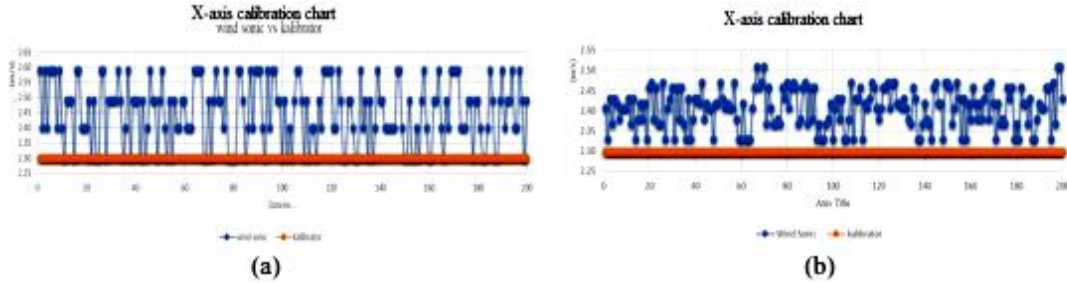
الشكل (19.III): ينتج عن معايرة المحور Y الصادي حالة غير منقطعة. المسافة بين المحولات 3mm و 10mm لـ (a) و (b) على التوالي



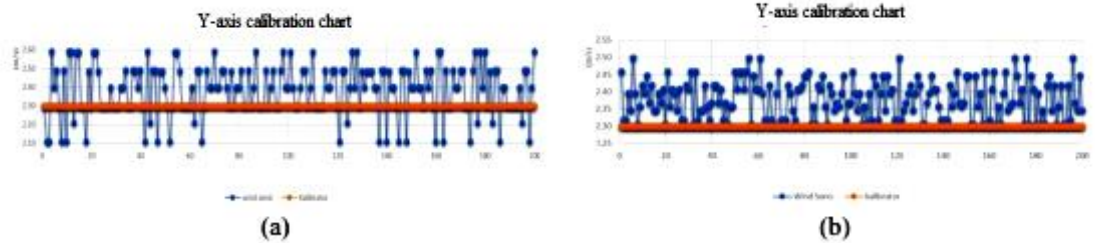
الشكل (20.III): ينتج عن معايرة المحور Z حالة غير منقطعة. المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b).

### III\_14 نتائج معايرة المحور X و Y و Z عند سرعة الرياح 2.3m/s

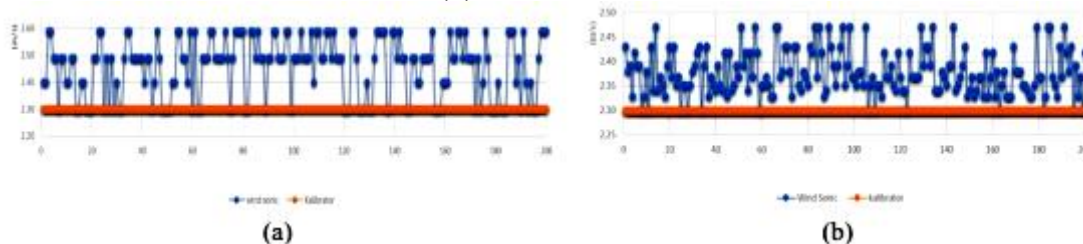
يتم أيضًا تطبيق معايرة المحاور X و Y و Z بسرعة رياح تبلغ 2.3m/s بمسافة بين محولات الطاقة تبلغ 3mm و 10mm. يمكن رؤية نتائج معايرة المحاور X و Y و Z بسرعة رياح تبلغ 2.3m/s في الشكل (21.III) و الشكل (22.III) و الشكل (23.III) على التوالي



الشكل (21.III): معايرة المحور X بسرعة رياح تبلغ 2.3m/s المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b)



الشكل (22.III): ينتج عن معايرة المحور Y سرعة رياح تبلغ 2.3m/s المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b)



الشكل (23.III): ينتج عن معايرة المحور Z سرعة رياح تبلغ 2.3m/s المسافة بين المحولات 3mm لـ (a) و 10mm لـ (b)

### III\_15 تحليل بيانات المعايرة

في تحليل المعايرة ، تم إجراء عملية المعايرة على الرياح الصوتية بمسافة بين محولات الطاقة 3mm و 10mm في حالة السكون بدون اضطرابات الرياح وظروف سرعة الرياح البالغة 2.3m/s يمكن رؤية



نتائج المعايرة الصوتية للرياح بمسافة بين محولات الطاقة تبلغ 3mm و 10mm في ظروف بدون اضطراب في الشكل 18 للمحور X والشكل 19 للمحور Y والشكل 20 للمحور Z

حصل mm على ثلاثة اختلافات في القيم ، وهي 0m/s ، 0.19m/s و -0.19m/s من البيانات التي تم الحصول عليها في المعايرة مع  $V = 0m/s$  ، يمكن ملاحظة أن قيمة نطاق القياس التي تم الحصول عليها مقارنة بالنتائج الفعلية تتراوح بين  $(0.19 - 0.19) m/s$  في صوت الرياح بمسافة بين محولات الطاقة تبلغ 10mm ، تم الحصول على أربعة اختلافات في القيمة ، وهي 0m/s ، 0.05m/s ، 0.09m/s ، و 0.14m/s مع 200 مرة من أخذ عينات البيانات. يمكن ملاحظة البيانات التي تم الحصول عليها في هذه المعايرة أن قيمة نطاق القياس تتراوح بين  $(0 - 0.14) m/s$  ( بيانات معايرة الرياح الصوتية بمسافة بين المحولات 3mm و 10mm بسرعة الرياح 2.3m/s في الشكل 21 للمحور السيني X والشكل 22 للمحور Y والشكل 23 للمحور Z بين محولات الطاقة 3mm ، تم الحصول على ثلاثة اختلافات في القيم ، وهي -0.09m/s ، -0.19m/s ، 0m/s ، 0.1m/s ، 0.19m/s ، 0.29m/s البيانات التي تم الحصول عليها في هذه المعايرة هي الفرق في قيمة نطاق القياس الذي تم الحصول عليه بين  $m/s$  (- 0.09 - 0.29) مع نسبة خطأ تتراوح بين % ( 0 - 12.62 ) في Wind sonic بمسافة بين المحولات 10mm ، يتم الحصول على العديد من الاختلافات في القيمة ، وهي  $m/s$  ( 0 ، 0.01 ، 0.02 ، 0.03 ، 0.05 ، 0.06 ، 0.07 ، 0.08 ، 0.09 ، 0.1 ، 0.11 ، 0.12 ، 0.13 ، 0.15 ، 0.16 ، 0.17 ، 0.2 ، 0.21 و ) مع 200 مرة أخذ عينات البيانات. من النتائج التي تم الحصول عليها ، يمكن ملاحظة أن الفرق في قيمة نطاق القياس الذي تم الحصول عليه بين نتائج القياس يتراوح بين  $m/s$  ( 0 - 0.21) مع قيمة خطأ النسبة المئوية على المحور X بين 1.28% - 9.14% ، المحور Y بين 0.29% - 8.61% والمحور Z بين 0.05% - 7.44%.

من البيانات التي تم الحصول عليها ، يمكن رؤيتها على صوت الرياح بمسافة بين المرسل 3mm في ظروف الراحة بدون اضطراب الرياح وظروف سرعة الرياح 2.3m/s ، يمكن ملاحظة أن هناك قيمة معايرة غير مناسبة. في عملية المعايرة بشروط دون تداخل ، توجد قيمة غير مناسبة وهي -0.19m/s وفي حالة سرعة رياح تبلغ 2.3m/s تكون -0.09m/s و -0.19m/s لذلك يمكن ملاحظة أن عدم تطابق النتائج التي تم الحصول عليها في عملية معايرة الرياح الصوتية مع المسافة بين محولات الطاقة البالغة 3mm يرجع إلى عدة عوامل ، بما في ذلك العوامل المميزة لجهاز الاستشعار بالموجات فوق السمعية (HCSR04) والمسافة بين المحولات المجاورة على إطار صوت الرياح الذي يتسبب في تداخل الموجة. مما أدى إلى الحصول على بيانات وقت انتقال النبضة التي تم الحصول عليها بفارق أكبر مقارنة بالمسافة بين 6 محولات الطاقة البالغة 10mm

### III\_16 اختبار WindSonic

بعد إجراء معايرة الرياح الصوتية ثلاثية الأبعاد ، سيتم إجراء اختبار صوت الرياح ثلاثي الأبعاد المصمم باستخدام صوت الرياح بمسافة بين محولات الطاقة تبلغ 10mm تم إجراء اختبار الرياح الصوتية في مبنى الفيزياء بالطابق الثاني لدى كلية العلوم وتحليلات البيانات ، في هذا الاختبار ، سيتم اختبار القراءة الصوتية للرياح ثلاثية الأبعاد لسرعة الرياح وتحديد اتجاه الرياح تم تنفيذ هذا الاختبار يوم الأربعاء 10 فبراير 2021 ، وتم الحصول على بيانات حول سرعة الرياح واتجاهها كما هو موضح في الجدول التالي :

Table 2 3D wind sonic test results

No	Time Of Flight( $\mu$ s)						Wind speed (m/s)			V	Wind direction	
	$t_x$	$t_{-x}$	$t_y$	$t_{-y}$	$t_z$	$t_{-z}$	$V_x$	$V_y$	$V_z$		H	V
1	374	405	382	406	403	392	15.35	10.83	-4.87	19.41	35.21	-18.38
2	372	405	384	407	402	390	16.43	10.3	-5.36	20.12	32.09	-16.71
3	374	404	382	406	402	390	14.89	10.83	-5.36	19.18	36.03	-16.72
4	374	405	384	403	402	393	15.35	8.59	-3.99	18.04	29.24	-22.41
5	374	407	383	403	403	390	16.26	9.07	-5.79	19.5	29.15	-15.44
6	372	406	384	403	402	391	16.88	8.59	-4.9	19.57	26.98	-18.24
7	372	406	385	405	402	392	16.88	8.98	-4.44	19.63	28	-20.13
8	374	407	382	403	402	391	16.26	9.55	-4.9	19.48	30.42	-18.26
9	373	406	384	405	403	393	16.34	9.45	-4.42	19.39	30.04	-20.24
10	372	404	382	407	402	393	15.97	11.26	-3.99	19.94	35.18	-22.47

الجدول ( 3.III ): نتائج اختبار جهاز الويندسونيك

### الخاتمة (III\_17)

في هذه الدراسة ، تم الحصول على الاستنتاجات والاقتراحات التالية:

بناءً على البحث بعنوان Wind Sonic باستخدام ترتيب مستشعر محول ثنائي تم تنفيذه ، تم الحصول على الاستنتاجات التالية:

أ. تم تصنيع Wind sonic باستخدام طريقة وقت الرحلة TOF مع ترتيب مستشعر محول طاقة مزدوج.

ب. المسافة بين محول الطاقة (المرسل والمستقبل) المستخدمة هي 16cm والمسافة بين المحولات (المرسل 1 - المستقبل 2 وجهاز الإرسال 2 - المستقبل 1) هي 3mm و 10mm

ج. يتم إجراء معايرة صوت الرياح في حالتين ، وهما حالة بدون تداخل وسرعة رياح تبلغ 2.3m/s من خلال مقارنة نتائج المعايرة باختلافين من المسافة بين محولات الطاقة البالغة 3mm و 10mm في حالة عدم انقطاع المسافة بين المحولات 3mm ، تكون نتائج القياس 0.19-0.19 m/s والمسافة بين المحولات 10mm ، ونتائج القياس هي (0 - 0.14) m/s في حالة سرعة الرياح 2.3m/s للمسافة بين محولات الطاقة 3mm ، يكون الاختلاف في نتائج القياس (0.19 - 0.29) مع قيمة نسبة خطأ 0% (-12.62) والمسافة بين محولات الطاقة 10mm ، والفرق بين نتائج القياس هو (0 - 0.21) مع قيمة خطأ النسبة المئوية على المحور X % 1.28% -9.14% ، المحور Y % 8.61% - 0.29% و المحور Z % 7.44% - 0.05%

د. تظهر نتائج معايرة صوت الرياح أن الحد الأدنى للمسافة بين المحولات لتقليل التداخل بين الموجات هو 10mm ( 13 )

# الختمة



## خاتمة عامة

اعتمدنا في هذا المبحث على ثلاثة فصول سمحت لنا باكتساب معلومات مهمة على عناصر مهمة في الواقع كالرياح التي تعتبر من أهم الموارد الطبيعية والتي استطاع الإنسان استغلالها في التطور الصناعي مثل توليد الكهرباء و تطرقنا أيضا الى نظرة عامة عن الامواج الصوتية وانواعها نظرا لاهميتها في وقتنا الحالي و التي اصبحت تستعمل في صناعة الاجهزة المطورة لتسهيل غايات الانسان ومتطلباته و من احد هذه الاجهزة هو جهاز الويند سونيك WindSonic الذي كان اساس دراستنا التجريبية في هذا المبحث و استنجنا منه ان مستشعر الرياح Gill WindSonic هو وحدة قوية للغاية وخفيفة الوزن مع عدم وجود أجزاء متحركة فيه لقياس سرعة الرياح واتجاهها يمكن بواسطته تحديد وحدات سرعة الرياح ومعدل الإخراج والتنسيقات يمكن استخدام WindSonic مع جهاز كمبيوتر أو مسجل بيانات أو أي جهاز آخر ، بشرط أن يكون متوافقاً مع أحد تنسيقات الاتصال القياسية التي توفرها WindSonic

ولكن رغم هذا التطور في الجهاز الى انه يمكن أن تحدث مجموعة من المشكلات ، مما يتسبب في فقد البيانات أو قراءات خاطئة يمكن أن تتلف أدوات الأرصاد الجوية ، ويمكن أن تنزلق حواملها ، ويمكن أن تتحني الأبراج أو تسقط. بالإضافة إلى ذلك ، قد تتطلب مكونات النظام المختلفة من المستشعرات إلى أسلاك الشدّ صيانة دورية لتعمل بشكل صحيح لذلك يجب القيام بمرحلة مهمة وهي مرحلة التشغيل والصيانة لحملة مراقبة الرياح لضمان جمع بيانات موارد الرياح الدقيقة بطريقة موثوقة.

لتلبية هذه الاحتياجات ، يجب وضع وتنفيذ خطة تشغيل وصيانة بسيطة ولكنها شاملة تشمل العناصر الرئيسية للخطة الزيارات الميدانية المجدولة وغير المجدولة ؛ إجراءات التنظيف وقوائم المراجعة والسجلات ؛ فحوصات المعايرة وقطع الغيار وهنا في تجربتنا نذكر ان التجربة تم اقتباسها نظرا لعدم توفر ظروف المناسبة ووجود معيقات لتجريب هذا الجهاز .

على الرغم من أهمية وجود خطة تشغيل وصيانة سليمة ، إلا أن نجاح الجهاز في النهاية يعتمد على تفاني الموظفين الميدانيين وتدريبهم يجب إطلاعهم على جميع جوانب الجهاز ولديهم معرفة عملية بمعدات المراقبة كما يجب أن يكونوا على دراية بالضمير والتفاصيل ، ومدوني ملاحظات ملتزمين ، ومحللين جيدين للمشكلات .

# قائمة المصادر والمراجع



1. **A Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Science of İzmir Institute of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF SCIENCE in Mechanical Engineering by Yusuf Can UZ July 2014 İZMİR**
2. **Yakunin AG 2017 3D Ultrasonic Anemometer with tetrahedral arrangement of Sensors.IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 881**
3. **اميلي بومون وماري رينييه بيمون مترجم للعربية قيقان ابي راشد (2012). (الفضاء في صور) باللغة العربية). بيروت لبنان: منشورات دار المجاني – عبر دار المجاني.**
4. **LAMETEOROLIGIE PAR ANDRE VIAUT COLLECTION QUE SAIS-JE !**
5. **www. Wikipedia.com تحت عنوان الرياح في يوم 12-05-2021**
6. **acoustique industrielle et environnement 1acoustique physique et perceptive par pierr lienard et paul francois**
7. **كتاب المرجع في الفيزياء للكاتب يافورسكى ،،ديتلاف المترجم للعربية من قبل الدكتور فريد يوسف متى**
8. **"Noise in the Environment" in The Science of Sound, Second edition by Thomas D. Rossing, Addison Wesley, 1990.**
9. **H.Inaki Schlaberg\*, Yan Liu, Zhihong Li, Shi Liu School of Control and Computer Engineering, North China Electric Power University, Beijing, J 02206, China**
10. **S. S.Huang, C. F.Huang, K. N.Huang, M. S.Young, "A high accuracy ultrasonic distance measurement system using binary frequency shift-keyed signal and phase detection", Review of Scientific Instruments, Volume 73, Issue 10, 3671-3677 (2002)**
11. **H.I. Schlaberg, S. Liu, Z. Li, "Flame tomography based on phase comparison using dual ultrasonic frequencies", 4th Asian Joint Workshop on Thermophysics and Fluid Science, Busan, Korea ( 20 12)**
12. **W.Y.Tsai, C.F.Huang, T.L.Liao, "New implementation of high-precision and instant-response air thermometer**

- by ultrasonic sensors", *Sensors and Actuators A I* 17, 88-94 (2005)
13. Papadopoulos KH, et al. Effects of turbulence and flow inclination on the performance of cup anemometers in the field. *Boundary-Layer Meteorol* 2001;101(1):77 - 107
14. User Manual Ultrasonic Anemometer Doc No: 1405-PS-0019 Issue 24
15. Wind resource assessment : a practical guide to developing a wind project / Michael C. Brower.
16. Fabrication And Analysis Of 3d Wind Sonic Using A Dual Transducer
17. Sensor Arrangement E E Barus et al 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1951 012039

# المُلخَص





الملخص :

تعتبر الرياح من اهم الموارد الطبيعية التي يتم استغلالها في انتاج الطاقة ومع التطور التكنولوجي تطورت الاجهزة اللازمة لاستغلال هذه الرياح من حيث دراستها و ولذلك الهدف من هذا المبحث هو قياس اتجاه وسرعة الرياح بواسطة جهاز الويند سونيك ولتحقيق ذلك قمنا بمحاكاة لاحد انواع اجهزة القياس المطورة بفضل الموجات الفوق السمعية التي تعمل على مبدء مشترك وهو مبدء قياس وقت الرحلة لنستنتج اهمية جهاز الويندسونيك في تقديم دقيق للمعطيات وبانواع مختلفة و سهولة استعماله مقارنة بالاجهزة الاخرى .

Résumer :

Le vent est l'une des ressources naturelles les plus importantes qui sont exploitées dans la production d'énergie, et avec le développement de la technologie, les dispositifs nécessaires pour exploiter ces vents ont été développés en termes de leur étude. Par conséquent, l'objectif de ce sujet est de mesurer la direction et la vitesse du vent au moyen d'un appareil sonique à vent. Pour y parvenir, nous avons simulé un des types d'appareils de mesure développés grâce aux ondes Ultrasons, qui fonctionne sur un principe commun, qui est le principe de mesure du temps de vol , pour conclure l'importance de l'appareil Windsonic pour fournir des données précises de différents types et une facilité

Summary:

Wind is one of the most important natural resources that are exploited in the production of energy, and with the development of technology, the devices necessary to exploit these winds have been developed in terms of their study. Therefore, the aim of this topic is to measure the direction and speed of the wind by means of a wind sonic device. To achieve this, we simulated one of the types of measurement devices developed thanks to waves Ultrasound, which works on a common principle, which is the principle of measuring flight time, to conclude the importance of the Windsonic device in providing accurate data of different types and ease of use compared to other devices.