

► Système de transmission UHF Freeport

On se propose dans cette manipulation de vérifier et de préciser quelques spécifications techniques d'un système de transmission audio du musicien (chanteur, instrumentiste) vers le système de sonorisation.



Le système étudié est un produit de l'entreprise allemande **Sennheiser electronic GmbH KG**.

Le système se compose :

- d'un **émetteur SK2** émettant dans la bande UHF (4 canaux), alimenté par une pile 9V, pourvu d'une entrée Jack pour microphone (voix, instrument de musique etc...)
- d'un **récepteur EM1** (4 canaux) à deux antennes sélectionnant automatiquement le meilleur signal reçu

On étudiera successivement l'émetteur et ses caractéristiques radiofréquences, puis les qualités audio globales de l'émetteur associé à son récepteur.

On utilisera Audiotester pour générer les signaux audio (sinus, Dual Tone, bruit blanc) injectés dans l'émetteur et pour analyser le signal en sortie du récepteur.

Remarque : le constructeur recommande dans sa notice d'utilisation de respecter une distance minimale de 3m entre l'émetteur et le récepteur pour éviter de saturer l'étage d'entrée du récepteur.



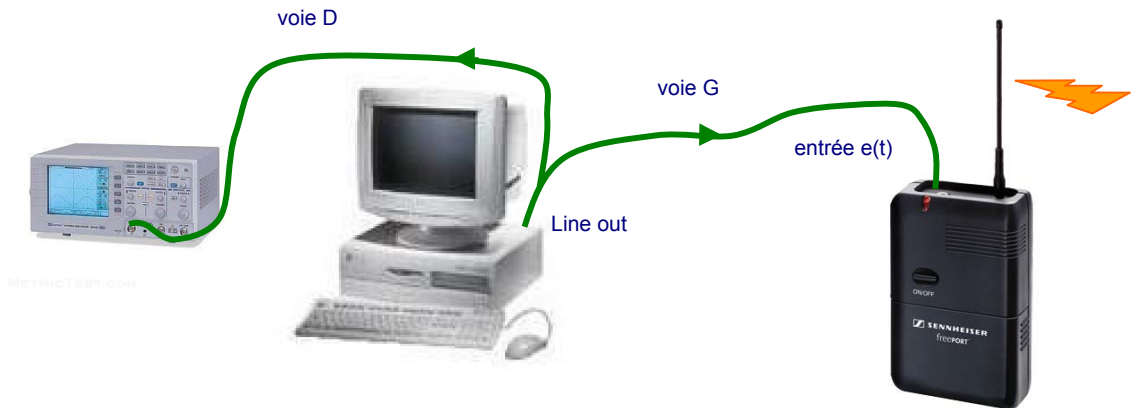
Réglages préliminaires :

- fréquence de travail : **canal 1**
- distance minimale de **3 m** entre l'émetteur et le récepteur
- réglage de gain du récepteur réglé à mi-course
- si la LED de l'émetteur s'éteint en cours d'utilisation, changer la pile rechargeable

Cette configuration restera valable pour toutes les activités.

Activité 1 : spectre d'émission de l'émetteur SK2

Démarrer Audiotester, injecter un signal sinusoïdal à 1 kHz de niveau $E = 0,1V$ efficace dans l'émetteur et visualiser en même temps ce signal sur un oscilloscope (voie D = voie G en sortie de la carte son du PC).



Visualiser le spectre d'émission et en déduire la fréquence de travail f_0 et l'encombrement spectral B_{-20dB} de l'émetteur.

Mesurer les longueurs l_1 de l'antenne d'émission et l_2 des antennes de réception. Qu'en pensez-vous ?

Changer la fréquence du signal BF à 15 kHz et faire un nouveau relevé du spectre. En déduire de type de modulation (AM ou FM) utilisé par l'émetteur.

Faire varier le niveau E du signal injecté pour annuler la fonction de Bessel J_0 du spectre. En déduire, dans cette situation, l'indice de modulation m , l'excursion en fréquence Δf puis la pente (en kHz/V) du modulateur du SK2.

Coupler au mieux l'antenne du SK2 à l'antenne de l'analyseur de spectre et mesurer le niveau. Retrouve-t-on l'ordre de grandeur de la puissance d'émission annoncée par le constructeur ? La mesure de puissance émise est-elle aisée ?

Activité 2 : harmoniques rayonnés par l'émetteur SK2

Moduler l'émetteur par un signal sinusoïdal à 1 kHz de niveau $E = 0,1V$ efficace et relever le spectre d'émission aux fréquences harmoniques.

Mesurer le niveau des harmoniques indésirables par rapport au signal utile (unité dBc = dB par rapport à la « carrier »).

La norme de comptabilité électromagnétique exige que les harmoniques émis par un émetteur de la bande UHF aient un niveau inférieur à -40 dBc. Cette exigence est-elle satisfaite par l'émetteur SK2 ?

Activité 3 : répartition du champ électromagnétique dans le local

Pour justifier l'utilisation de 2 antennes sur le récepteur, on s'intéresse à la répartition du champ électromagnétique dans la pièce que constitue le labo.

Plutôt que de garder l'émetteur fixe et de déplacer l'appareil de mesure (analyseur de spectre muni de son antenne), on laisse l'appareil de mesure en place et on déplace l'émetteur (sans signal de modulation).

Relever à l'analyseur de spectre le niveau du signal reçu pour différentes positions de l'émetteur qu'on repèrera par des lettres (A, B, C ...) sur le plan du labo.

Le signal reçu décroît-il uniquement en fonction de la distance ? Evaluer la distance entre un minimum et un maximum de signal reçu et comparer à la longueur d'onde. La distance entre les deux antennes de réception vous paraît-elle correspondre à un bon choix ?

Activité 4 : distorsion harmonique du système de transmission

On installe l'émetteur et son générateur Audiotester sur une table du labo, et le récepteur muni de son alimentation sur une autre table avec le branchement suivant :



Moduler l'émetteur avec un signal sinusoïdal à 1 KHz de valeur efficace E et visualiser le spectre en sortie du récepteur.

Mesurer le niveau maximal du signal $E_{1_{\max}}$ à ne pas dépasser à l'entrée de l'émetteur si on ne veut pas avoir une distorsion excessive (THD > 3%).

Pour un niveau de signal modulant $E = E_{1_{\max}}/2$, mesurer le taux de distorsion à 1 KHz du système de transmission et le comparer avec la valeur donnée par le constructeur.

Augmenter le niveau du générateur jusqu'à l'allumage du voyant **AF Peak** sur le récepteur et relever le niveau d'entrée correspondant $E_{2_{\max}}$. Quel est le taux de distorsion que le fabricant juge acceptable ?

Activité 5 : courbe de réponse du système de transmission

On revient à un niveau de signal modulant $E = E_{1_{\max}}/2$.

Grâce à un balayage en fréquence, relever la courbe de réponse du système. Ne pas oublier de décocher « sync » sur le PC de réception pour permettre à Audiotester de se synchroniser sur le signal qui sort du récepteur.

En déduire la bande passante du système et comparer les fréquences de coupures avec celles annoncées par le constructeur.

Activité 6 : SINAD et S/N du système de transmission

Pour un niveau de signal modulant égal à $E_{1_{\max}}/2$, mesurer le SINAD₁ du système à 1 kHz.

Refaire une mesure du SINAD₂ avec un niveau BF plus important, mais sans dépasser le niveau $E_{1_{\max}}$ donnant une distorsion excessive. Le niveau BF du signal injecté dans l'émetteur a-t-il une influence sur le SINAD ?

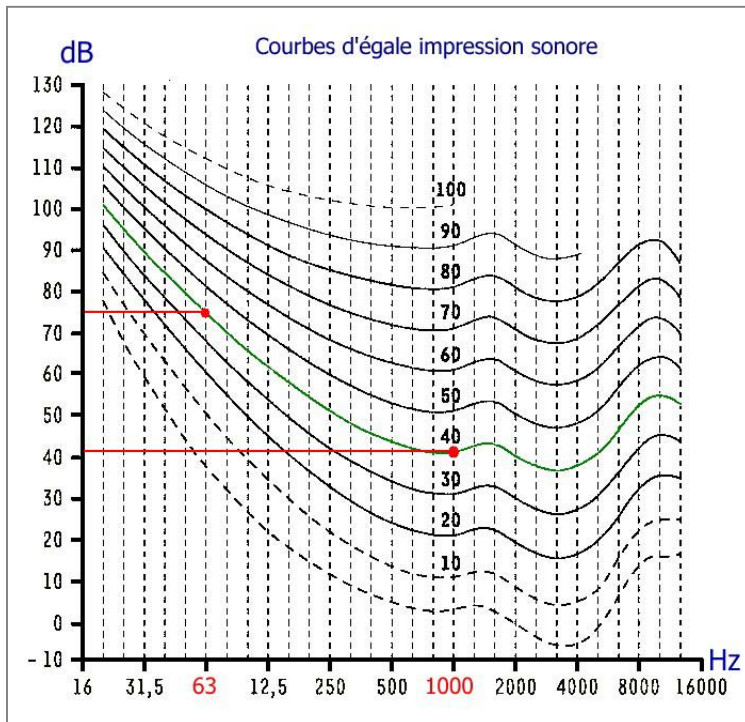
On ne tient plus compte des harmoniques, mais seulement du signal à 1 kHz et du bruit. La grandeur mesurée par Audiotester n'est alors plus le SINAD mais le S/B (rapport signal/bruit).

Pour un niveau de signal modulant égal à $E_{1_{\max}}/2$, mesurer le S/B du système à 1 kHz.

A votre avis, quelle est la grandeur donnée par le constructeur dans sa notice technique : le SINAD ou le S/B ? pourquoi ?

Activité 7 : S/B (pondéré A) du système de transmission

La mesure du SINAD tient compte du bruit en sortie du récepteur. Or l'oreille n'a pas la même sensibilité à toutes les fréquences, et un bruit autour de 1 kHz est bien plus gênant qu'un bruit en-dessous de 100 Hz.



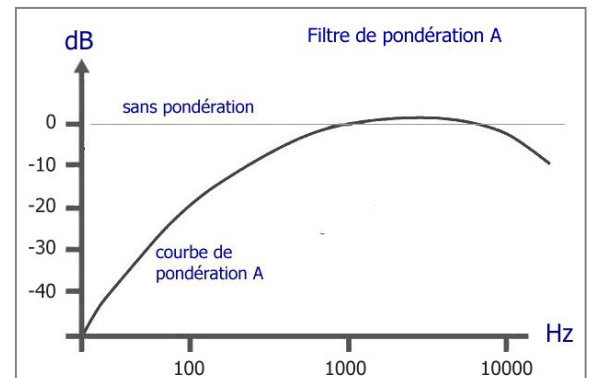
Les courbes ci-contre montrent que pour avoir la même sensation de volume sonore, il faut :

- 41 dB à 1000 Hz et
- 75 dB à 63 Hz

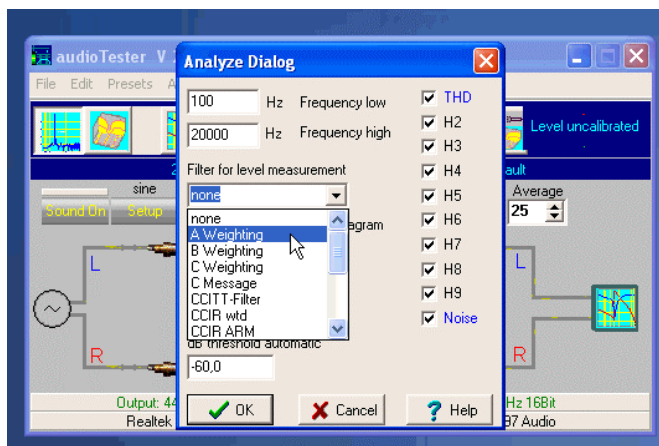
Cela montre que l'oreille est beaucoup moins sensible aux basses-fréquences qu'à 1 kHz.

En conséquence, le bruit basse-fréquence est beaucoup moins gênant dans un système audio que le bruit autour de 1 kHz.

Pour tenir compte de cette sensibilité plus faible de l'oreille aux basses fréquences, on pondère souvent le bruit avant de calculer le SINAD par un filtre standard appelé **Filtre de pondération A**.



Grâce à cette pondération, le bruit aux fréquences basses est très peu pris en compte dans la mesure du S/B, ce qui correspond à l'impression réelle de l'auditeur (et fait monter le S/B !).



Dans Audiotester, choisir le filtre de pondération A (menu Analyze Dialog) et cocher « Appliquer le filtre au diagramme ».

Observer les changements apportés par le filtre de pondération au niveau du bruit basse-fréquence.

Relever le spectre et mesurer la valeur du S/B pondéré A.

Le résultat obtenu pour le S/B pondéré A se rapproche-t-il de la valeur donnée par le constructeur ?

Activité 8 : distorsion d'intermodulation

On applique maintenant à l'entrée du préampli une somme de deux signaux sinusoïdaux (Mode Dual Tone) caractérisés par $f_1 = 1000 \text{ Hz} / -15 \text{ dBFS}$ et $f_2 = 100 \text{ Hz} / -3 \text{ dBFS}$.

Injecter le signal Dual Tone dans l'émetteur, régler le générateur à un niveau convenable et activer la mesure de distorsion d'intermodulation « IM Distorsion ».

Relever le spectre en sortie entre 800 et 1200 Hz. Mesurer le taux de distorsion d'intermodulation TD_{IM} .

Activité 9 : conclusion

Comparer les caractéristiques mesurées à celles annoncées par le constructeur et conclure quant à la qualité de ce système de transmission audio.

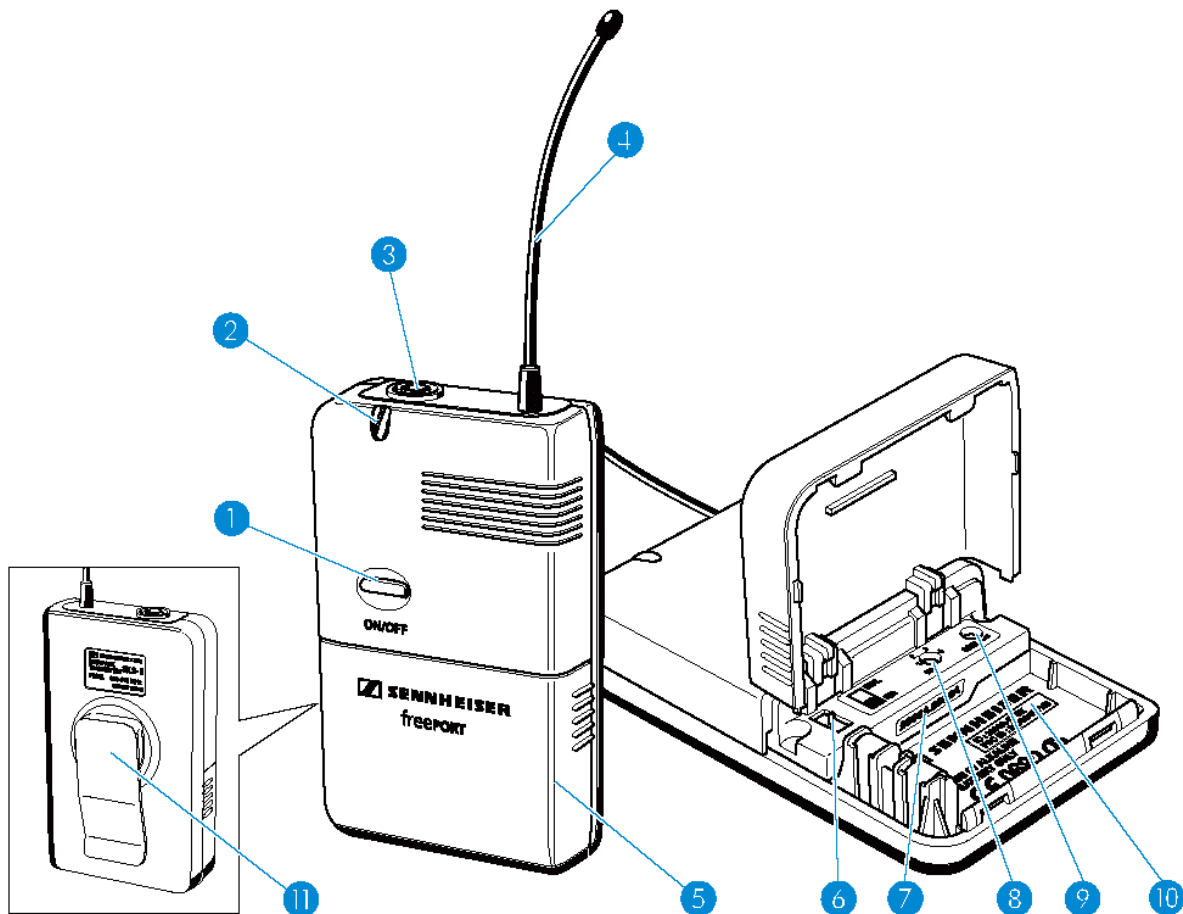


Annexes : caractéristiques techniques du système Sennheiser FP72 Freeport

- rapport signal/bruit : > **95 dB** (pondéré A)
- distorsion harmonique totale à 1 kHz : **THD < 1 %**
- bande passante : **60 Hz à 16000 Hz ± 3dB**
- puissance d'émission : **P₀ = 10 mW**
- émission dans la bande UHF
- 4 canaux : **742,65 - 743,35 - 743,85 - 744,45 MHz**

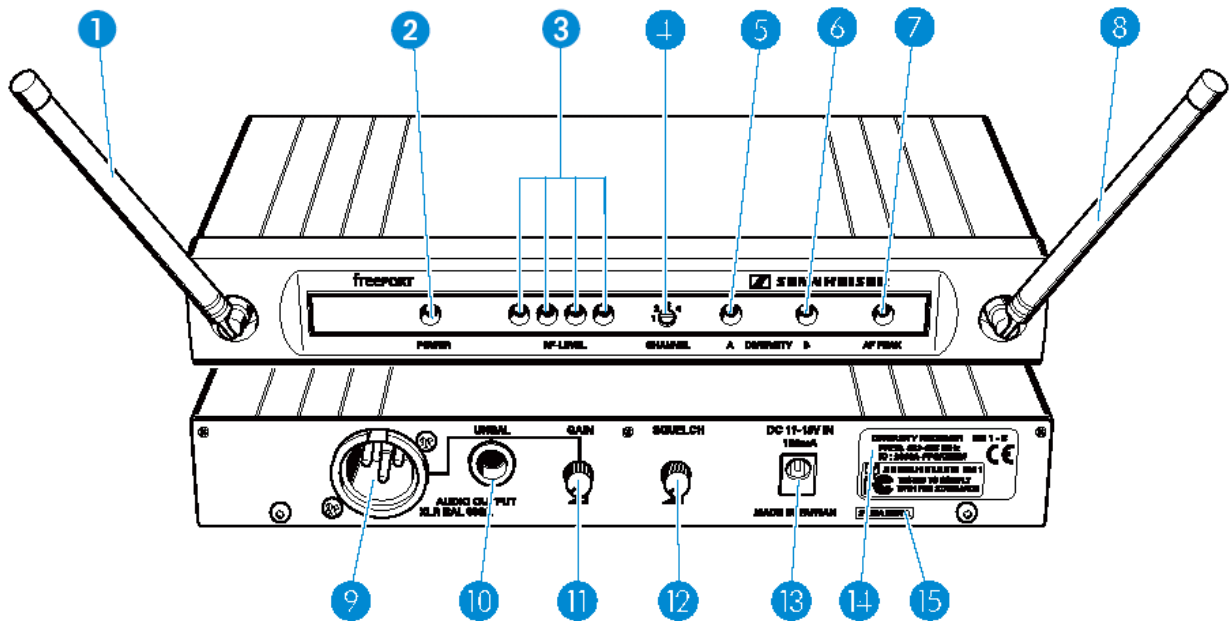


⇒ émetteur SK2



- | | |
|---|---|
| ① Touche ON/OFF | ⑥ Commutateur coulissant MIC/INST |
| ② LED rouge de fonctionnement et d'état de la pile | ⑦ Numéro de série |
| ③ Entrée microphone/instrument, prise jack 3,5 mm (verrouillable) | ⑧ Commutateur rotatif de sélection de canal CH (1 à 4) |
| ④ Antenne (dévissable) | ⑨ Réglage de sensibilité GAIN |
| ⑤ Couvercle du compartiment pile | ⑩ Plaque signalétique |
| | ⑪ Clip ceinture |

⇒ récepteur EM1



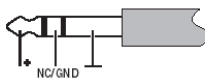
Éléments de commande

- | | |
|--|---|
| ① Antenne A | ⑧ Antenne B |
| ② LED verte de fonctionnement (POWER) | ⑨ Sortie audio, prise XLR-3 (mâle), symétrique (AUDIO OUTPUT XLR BAL) |
| ③ 4 LED vertes indiquant le niveau HF (RF LEVEL) | ⑩ Sortie audio, prise jack 6,3 mm, asymétrique (AUDIO OUTPUT UNBAL) |
| ④ Commutateur rotatif de sélection de canal CHANNEL (1 à 4) | ⑪ Réglage de niveau de sortie audio (GAIN) |
| ⑤ Affichage Diversity, LED jaune A (s'allume lorsque l'antenne ① est active) | ⑫ Réglage de seuil de squelch (SQUELCH) |
| ⑥ Affichage Diversity, LED jaune B (s'allume lorsque l'antenne ⑨ est active) | ⑬ Prise jack pour le raccordement du bloc secteur (DC 11–18 V IN, 100 mA) |
| ⑦ AF PEAK, LED rouge (s'allume lorsque le niveau audio est trop élevé) | ⑭ Plaque signalétique |
| | ⑮ Numéro de série |

Brochage des connecteurs

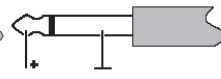
EM 1:

Jack stéréo 6,3 mm, asymétrique



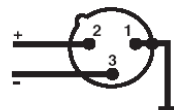
EM 1:

Jack mono 6,3 mm, asymétrique



EM 1:

Connecteur XLR-3F, symétrique



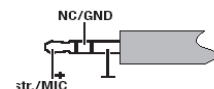
EM 1:

Jack pour alimentation



SK 2:

Jack 3,5 mm



► Système Freeport : réponses

Rédacteur :

Binôme :

Date :

Activité 1 : spectre d'émission de l'émetteur SK2

⇒ **Spectre d'émission** : signal modulant $F = 1 \text{ kHz}$, $E = 0,1 \text{ V}$ > voir courbe n°

Pour le canal 1 : fréquence de travail $f_0 = \dots\dots\dots$ encombrement spectral $B_{20\text{dB}} = \dots\dots\dots$

Longueur des antennes : $l_1 = \dots\dots\dots$ $l_2 = \dots\dots\dots$ $\lambda = \dots\dots\dots$

Conclusion :

⇒ **Spectre d'émission** : signal modulant $F = 15 \text{ kHz}$, $E = 0,1 \text{ V}$ > voir courbe n°

L'émetteur utilise la modulation car

⇒ Signal modulant $F = 15 \text{ kHz}$, $E = \dots\dots\dots$ > voir courbe n°

Caractéristiques particulières du spectre :

Indice de modulation $m = \dots\dots\dots$ Excursion en fréquence $\Delta f = \dots\dots\dots$

Pente du modulateur du SK2 : $K = \dots\dots\dots$

Niveau reçu avec couplage optimal : $P_{\text{max}} = \dots\dots\dots \text{ dBm} = \dots\dots\dots \text{ mW}$

Conclusions :

Activité 2 : harmoniques rayonnés par l'émetteur SK2

Signal modulant : $F = 1 \text{ kHz}$, $E = 0,1 \text{ V}$

Niveau des harmoniques :

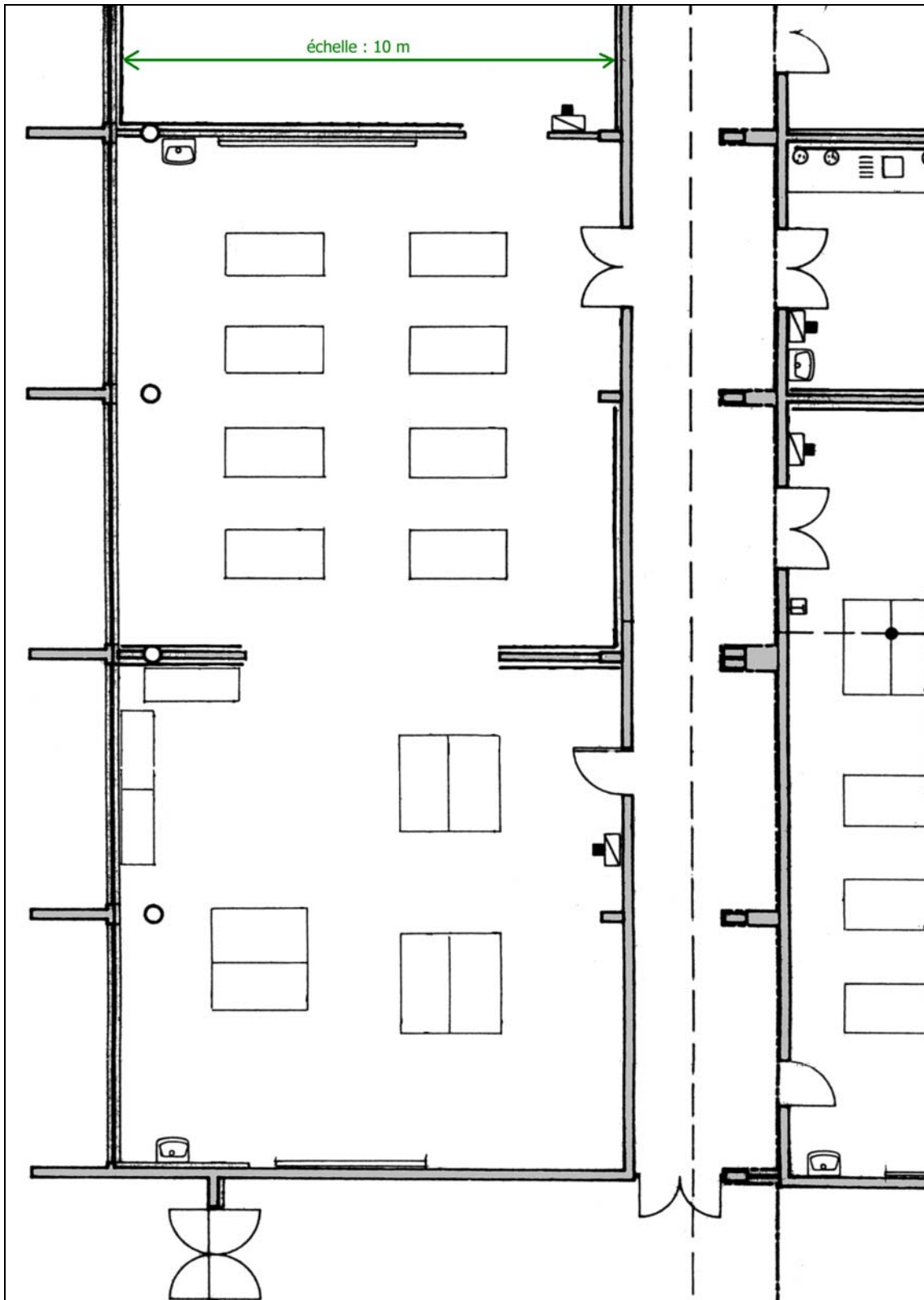
- porteuse de niveau dBm
- harmonique n° : de niveau dBm soit dBc
- harmonique n° : de niveau dBm soit dBc
- harmonique n° : de niveau dBm soit dBc

Conclusions :

Activité 3 : répartition du champ électromagnétique dans le local

⇒ Niveau reçu en fonction de la position de l'émetteur (la position de l'analyseur de spectre est repérée par **X**) :

Position	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Niveau reçu (en dBm)											
Distance (en cm sur le plan)											
Distance réelle (en m)											



⇒ Le signal reçu décroît-il uniquement en fonction de la distance ?

.....

⇒ Distance entre un minimum et un maximum de signal reçu : $\lambda =$

La distance entre les deux antennes de réception vous paraît-elle correspondre à un bon choix ?

.....

.....

Activité 4 : distorsion harmonique du système de transmission

⇒ La distorsion en sortie du récepteur dépasse 3% si on dépasse $E_{1_{max}} =$ à l'entrée de l'émetteur.

⇒ **Spectre en sortie du récepteur** : signal modulant $F = 1$ kHz, $E =$ > voir courbe n°

Le taux de distorsion harmonique vaut : **THD** =

Conclusion :

.....

⇒ Le voyant AF Peak sur le récepteur s'allume pour un niveau d'entrée $E_{2_{max}} =$

Le taux de distorsion harmonique vaut alors : **THD** =

Conclusion :

.....

Activité 5 : courbe de réponse du système de transmission

⇒ **Courbe de réponse** : > voir courbe n°

La fréquence de coupure basse vaut : $f_b =$

La fréquence de coupure basse vaut : $f_h =$

Conclusion :

.....

Activité 6 : SINAD du système de transmission

⇒ **Spectre BF** : signal modulant $F = 1$ kHz, $E =$ (moyen) > voir courbe n°

SINAD₁ =

⇒ **Spectre BF** : signal modulant $F = 1$ kHz, $E =$ (élevé) > voir courbe n°

SINAD₂ =

⇒ **Spectre BF** : signal modulant $F = 1$ kHz, $E = \dots\dots\dots$ (élevé) > voir courbe n° $\dots\dots\dots$

S/B = $\dots\dots\dots$

Conclusion : $\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

Activité 7 : SINAD pondéré du système de transmission

⇒ **Spectre BF** : signal modulant $F = 1$ kHz, $E = \dots\dots\dots$ (moyen) > voir courbe n° $\dots\dots\dots$

S/B (pondéré A) = $\dots\dots\dots$

Conclusion : $\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

Activité 8 : distorsion d'intermodulation

⇒ **Spectre BF** : signal modulant Dual Tone > voir courbe n° $\dots\dots\dots$

Taux de distorsion d'intermodulation **TD_{IM}** = $\dots\dots\dots$

Conclusion : $\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

Activité 9 : conclusion générale

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

