

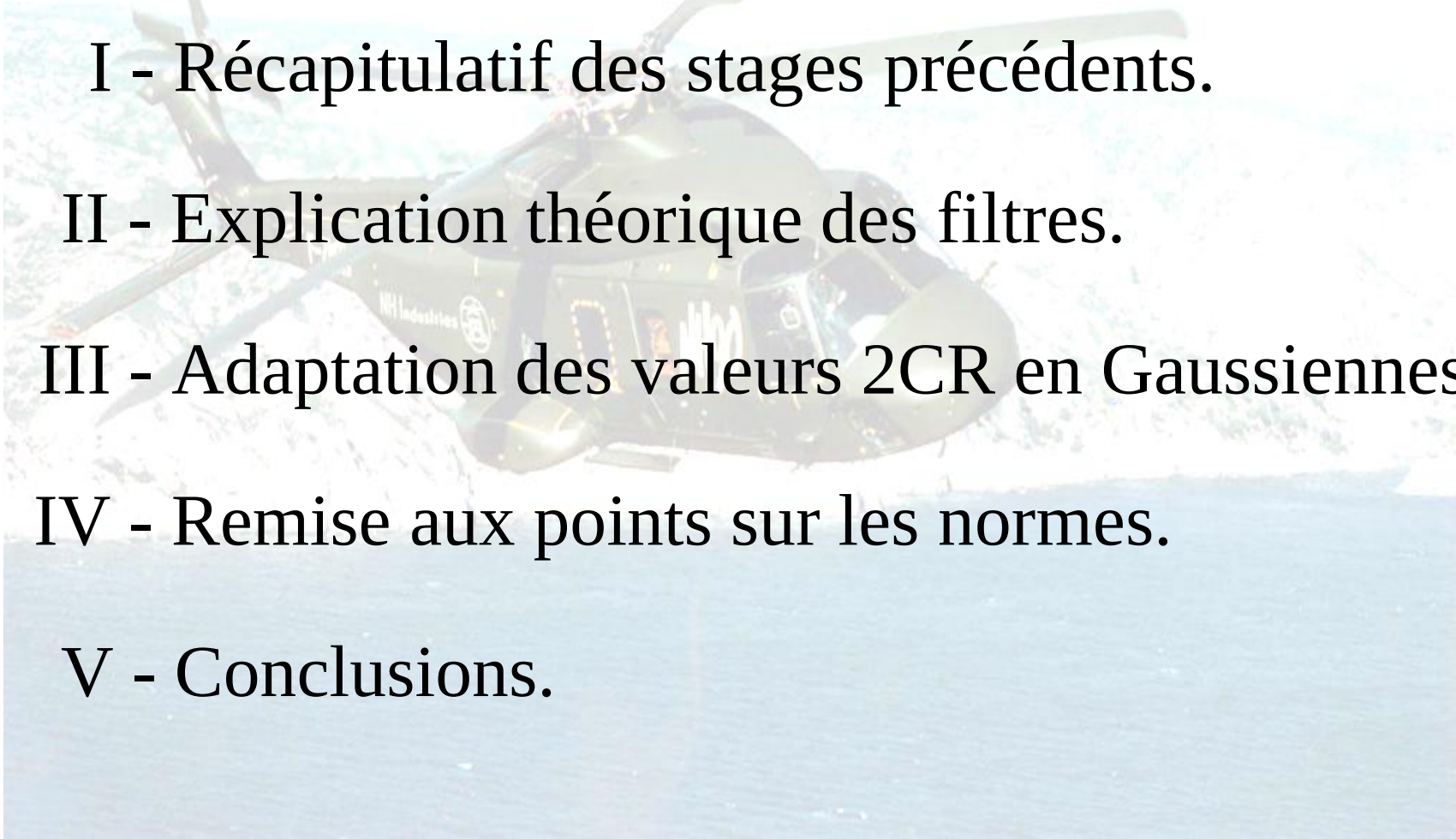
PFE 2004

- **Compréhension des filtres GAUSSIEN et 2CR.**
- **Adaptation des valeurs 2CR en Gaussiennes.**
- **Mise aux points sur les normes.**

Tuteur entreprise: Mr J-B.D-L
Tuteur INSA: Mr RAYNAUD

Stephan Hamparsoumian
Grégory Peyron

Sommaire

- 
- I - Récapitulatif des stages précédents.
 - II - Explication théorique des filtres.
 - III - Adaptation des valeurs 2CR en Gaussiennes.
 - IV - Remise aux points sur les normes.
 - V - Conclusions.

I - Récapitulatif des stages précédents

1 / Stage des deux étudiants de l'IUT d'Aix en Provence 2002.

2 / Stage de l'étudiant de UNIMECA de Marseille 2003.

3 / Où on en est, qu'est ce qu'on veut ?

I - Récapitulatif des stages précédents

1 / Stage des deux étudiants de l'IUT.

- Mise en évidence de l'instabilité du T_p à 50% et préconisait les paramètres (R_k , R_{vk} , R_{pk}) de la norme 13565-2 pour les dépôts en oxyde de chrome.
- Mise en évidence en utilisant la norme 4288 que le filtre 2CR amplifié les pics de façon aléatoire alors que le filtre Gaussien reflétait de façon plus fidèle les surfaces.

I - Récapitulatif des stages précédents

2 / Stage de l'étudiant de UNIMECA.

- Confirmé les méthodes proposé par les étudiants d'IUT.
- Fait une campagne d'essai pour voir le taux d'écrasement entre le 2CR et le Gaussien.
 - => Tableau récapitulatif avec: Méthode par une règle de trois.
Méthode par une droite de régression.
- Bilan technique global sur les avantages et inconvénients des deux types de filtres, des normes utilisées(4288, 13565) et du logiciel utilisé.

I - Récapitulatif des stages précédents

3 / Où on en est, qu'est ce qu'on veut ?

=> On sait que le filtre 2CR engendre des pics et que le Gaussien est plus fidèle, mais POURQUOI ?

=> Après avoir compris d'où viennent les différences, est-il possible de donner des nouveaux critères ?

II - Explication théorique des filtres.

1 / Filtre GAUSSIEN.

2 / Filtre 2CR.



II - Explication théorique des filtres.

1 / Filtre GAUSSIEN.

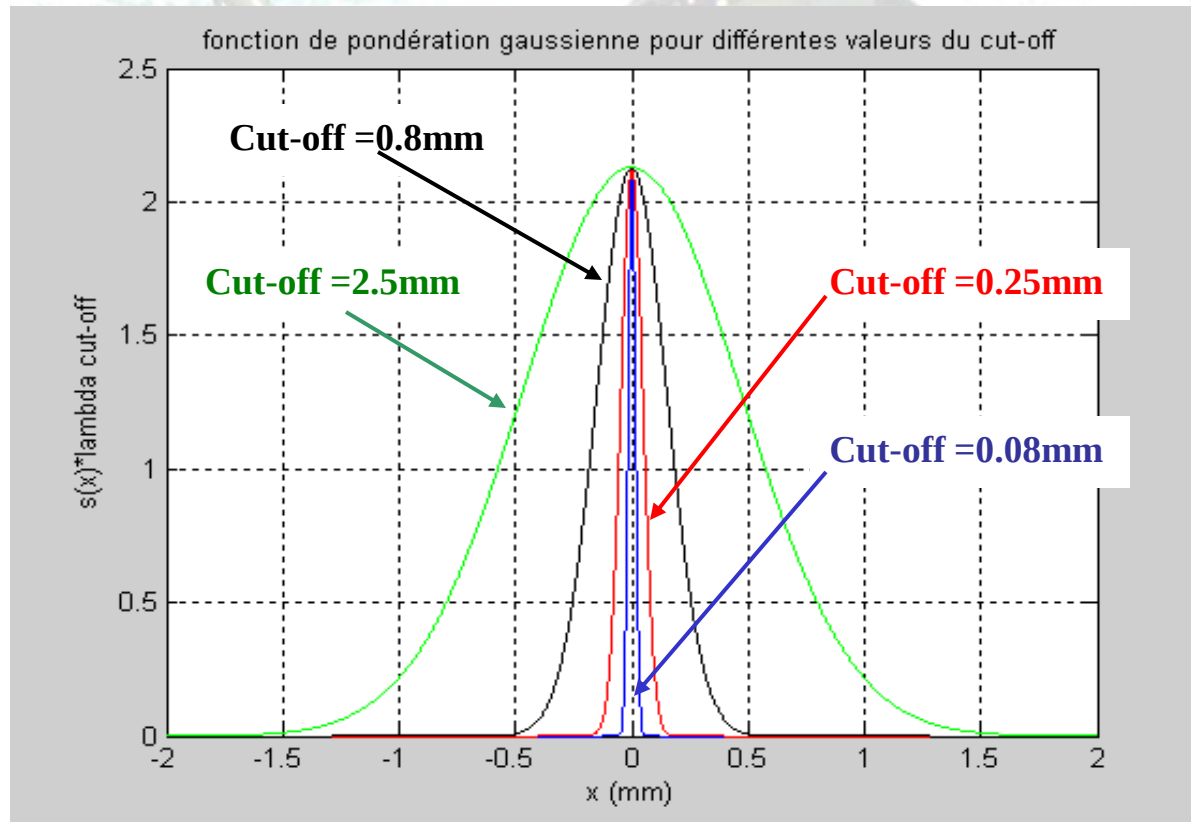
Définition de la norme ISO 11562 :

Ligne moyenne du filtre à phase correcte : Composante du profil de longueur d'onde longue, qui est déterminée en tout point du profil par une valeur moyenne pondérée obtenue à partir des points adjacents.

Fonction de pondération : Fonction utilisée pour le calcul de la ligne moyenne, qui indique, pour chaque point, le poids des autres points du profil situés au voisinage de celui-ci.

II - Explication théorique des filtres.

La fonction de pondération du filtre à phase correcte correspond à l'équation de la fonction de densité de probabilité gaussienne. Pour une longueur d'onde « λ_{co} » (co pour « cut-off »).



$$s(x) = \frac{1}{\alpha \cdot \lambda_{co}} e^{-\pi \left(\frac{x}{\alpha \cdot \lambda_{co}} \right)^2}$$

x : Position par rapport au centre de la fonction de pondération.

λ_{co} : Longueur d'onde de coupure du filtre de profil.

$$\alpha = \sqrt{\frac{\ln(2)}{\pi}} = 0,4697$$

II - Explication théorique des filtres.

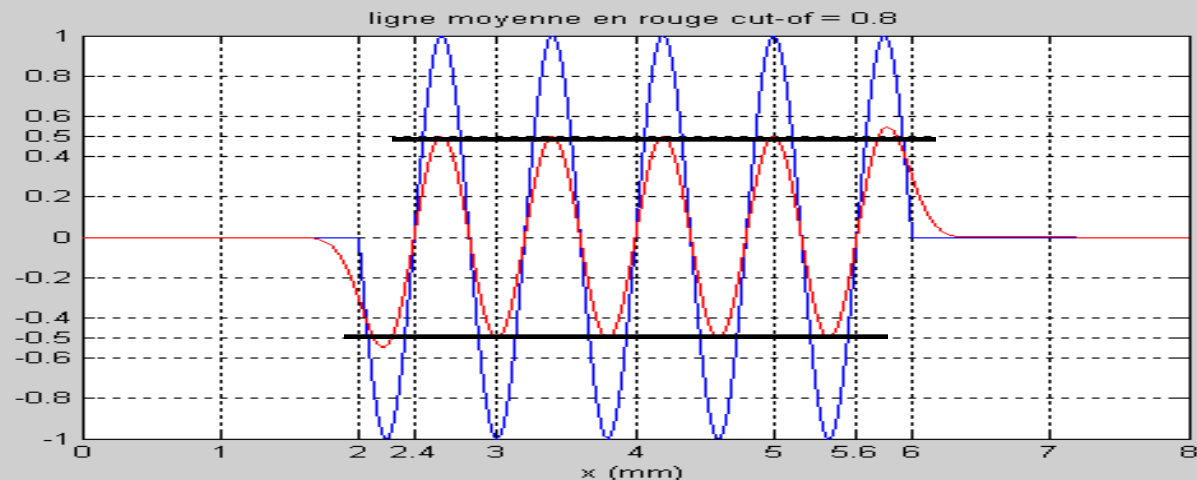
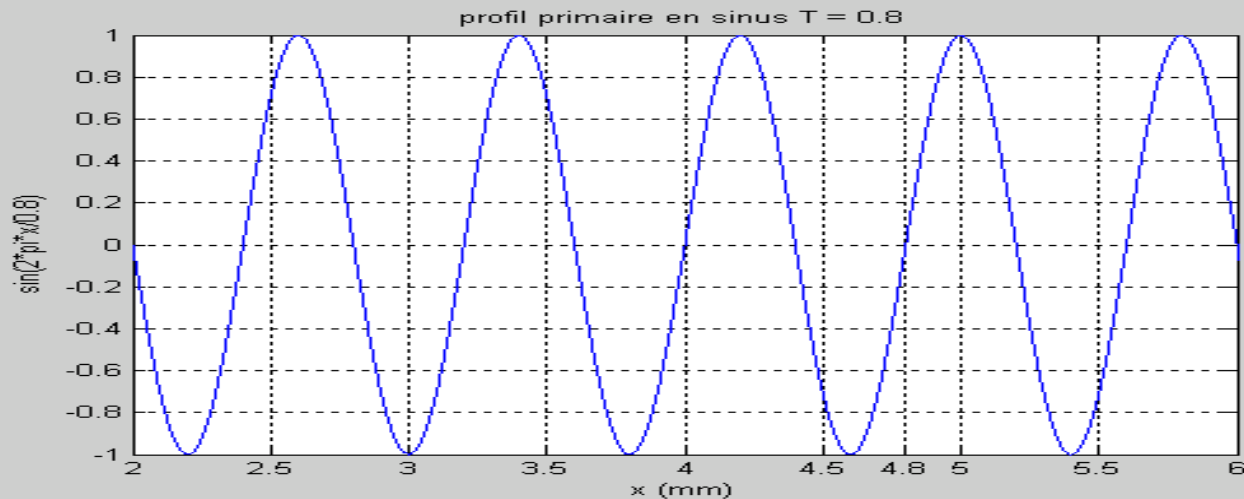
La ligne moyenne est la fonction de convolution du signal primaire par la fonction $s(x)$. Le profil de rugosité étant la différence entre le profil primaire et la ligne moyenne.

$$c(x) = p(x) * s(x) = \int_0^x p(u).s(x-u)du = \int_{-\infty}^{+\infty} p(u).s(x-u)du$$

avec $p(x)$ est le signal primaire.

La forme de $s(x)$ étant symétrique, le filtre n'induit pas de déphasage.

II - Explication théorique des filtres.

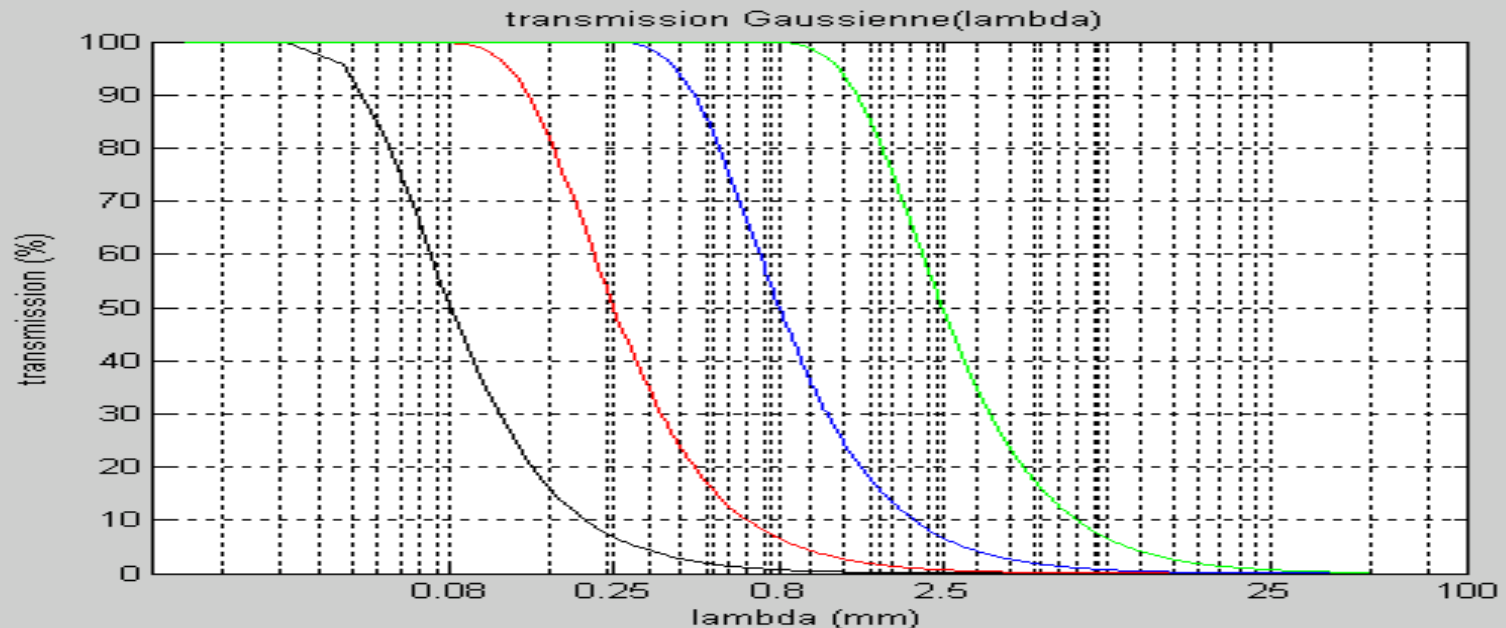


II - Explication théorique des filtres.

Dans l'espace de fréquence, ou de fourrier, le produit de convolution se transforme en produit simple, soit : $C(f) = P(f).H(f)$

ou $H(f)$ est la transformé de fourrier de $s(x)$

$H(f)$ est donc la fonction de transfert du filtre gaussien, c'est le rapport de transmission du filtre.



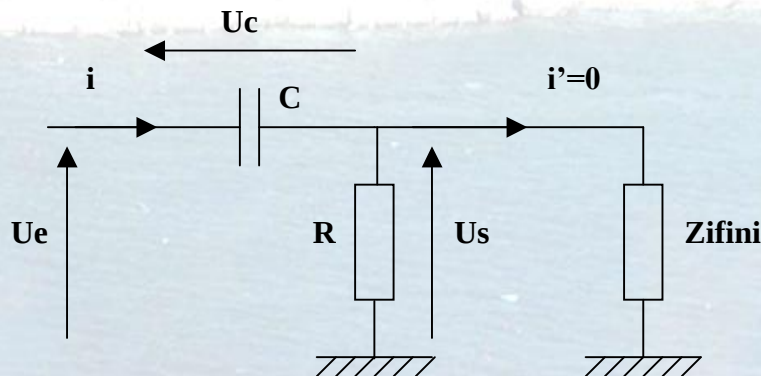
II - Explication théorique des filtres.

2 / Filtre 2CR.

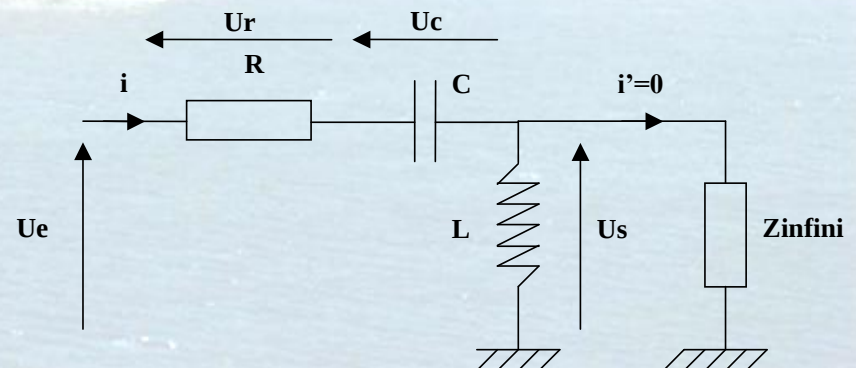
Extrait de la norme 3274 de 1996 :

Les filtres pour profilomètre conformément à l'ISO 3274 : 1975 étaient constitués de deux filtres analogiques RC en série. Cela conduisait à des déphasages importants dans les transmissions du profil et donc à des distorsions asymétriques du profil.

Filtre RC du premier ordre :



Filtre RC du deuxième ordre :



II - Explication théorique des filtres.

Rappel sur les transformées de fonction :

Fourier :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad \text{ou} \quad X(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt$$

propriété :

- linéarité : si $x(t) \xrightarrow{TF} X(f)$ $y(t) \xrightarrow{TF} Y(f)$

alors : $a.x(t) + b.y(t) \xrightarrow{TF} a.X(f) + b.Y(f)$

- dérivation : si $g(t) \xrightarrow{TF} G(f)$

alors : $\frac{d(g(t))}{dt} \xrightarrow{TF} 2\pi j f G(f)$

II - Explication théorique des filtres.

Laplace :

C'est la transformé de fourier avec $p = j\omega = j2\pi f$.

$$X(p) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-jpt} dt$$

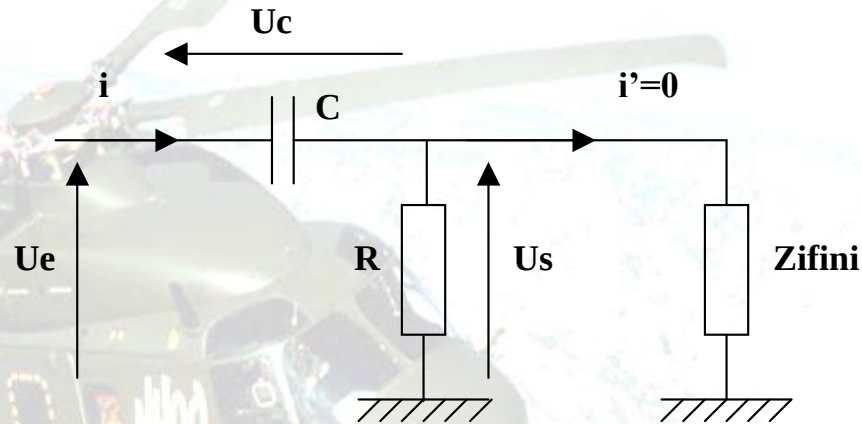
-dérivation : si $g(t) \xrightarrow{TL} G(p)$

alors : $\frac{d(g(t))}{dt} \xrightarrow{TL} pG(p)$

II - Explication théorique des filtres.

Filtre RC du premier ordre :

- $U_e(t) = U_c(t) + V_s(t)$
- $q(t) = CU_c(t)$
- $U_s(t) = Ri(t)$
- $i(t) = d(q(t))/dt$



$$U_e(p) = U_c(p) + V_s(p) ; U_c(p) = Q(p)/C$$

$$U_e(p) = Q(p)/C + V_s(p) ; Q(p) = I(p)/p ; I(p) = U_s(p)/R$$

$$U_e(p) = U_s(p)/RCp + U_s(p)$$

$$pRCU_e(p) = U_s(p) + pRCU_s(p)$$

$$H_1(p) = U_s(p)/U_e(p) = \frac{RCp}{1 + RCp}$$

II - Explication théorique des filtres.

C' est un filtre du premier ordre, le polynôme au dénominateur est de degré 1. Les solutions de cette équation différentielle, pour un signal d'entrée sinusoïdal $U_e(t) = U_{eo}.\sin(\omega t)$ sont de la forme $U_s(t) = U_s.\sin(\omega t + \phi)$. ou U_s et ϕ sont respectivement le module et la phase du signal sinusoïdal de sortie.

On effectue ici une analyse fréquentielle ou harmonique ($p = j\omega$), la fonction de transfert $H_1(j\omega)$ étant complexe, on représente son module (le rapport des amplitudes) et sa phase (le déphasage du signal de sortie par rapport au signal d'entrée).

$$U_e(t) = U_{eo}.\sin(\omega t)$$



$$\frac{RCp}{1 + RCp}$$



$$U_s(t) = U_s.\sin(\omega t + \phi)$$

II - Explication théorique des filtres.

$$H(p) = H(j\omega) = \frac{RCj\omega}{1 + RCj\omega} = \rho(\omega)e^{j\psi(\omega)}$$

$$\psi = \phi$$

$$\rho = \frac{U_s}{U_{eo}}$$

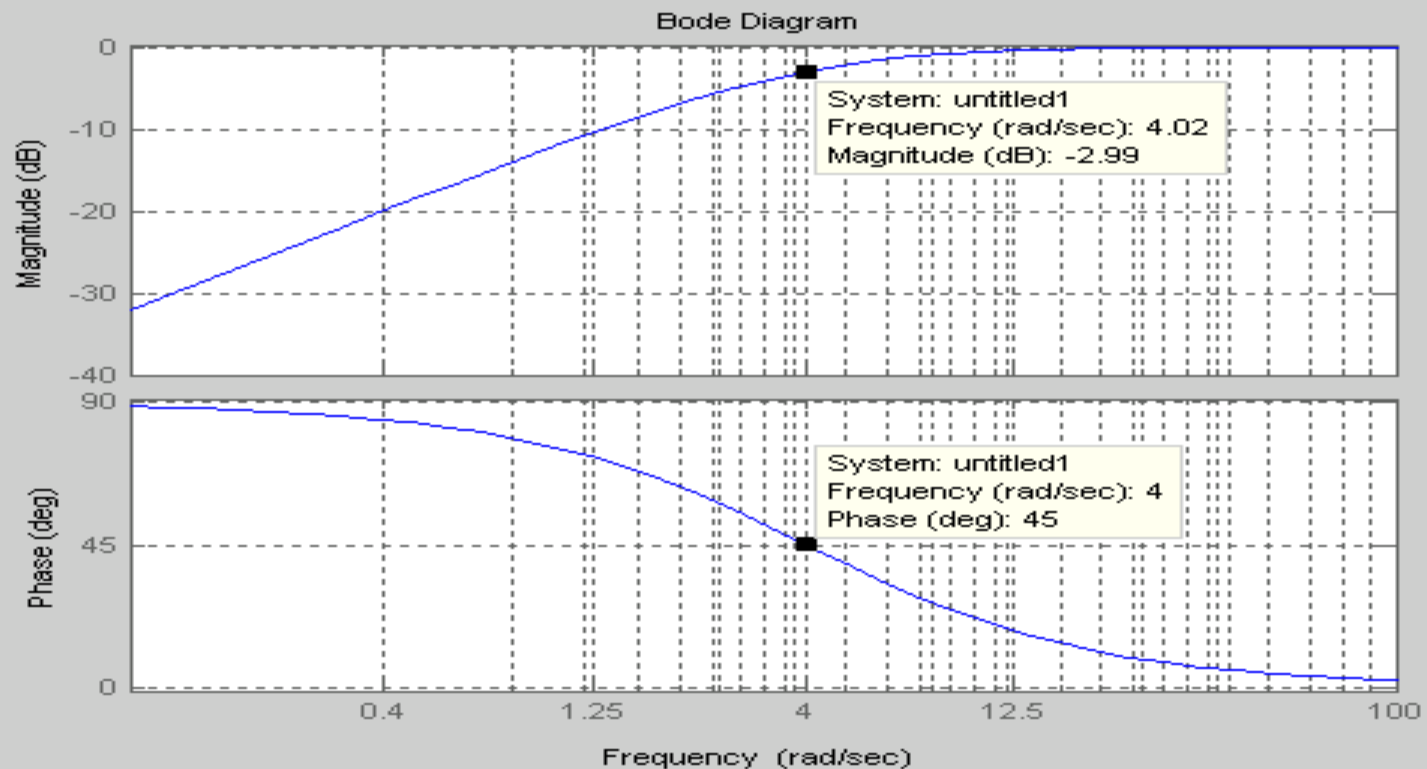
$$\rho(\omega) = \text{module}(H(j\omega)) = \left| \frac{RCj\omega}{1 + RCj\omega} \right| = \frac{RC\omega}{\sqrt{1 + R^2C^2\omega^2}} = \frac{\tau\omega}{\sqrt{1 + \tau^2\omega^2}}$$

$$\psi(\omega) = \text{argument}(H(j\omega)) = \frac{\pi}{2} - \arctan(RC\omega)$$

La fréquence de coupure est $\omega_c = 1/\tau$. Voici une représentation de bode (module et phase) du filtre du premier ordre à la coupure de $\Lambda_{dc} = 0.25\text{mm}$ ou 4rad/s :

II - Explication théorique des filtres.

Le diagramme de bode correspond au tracé de $20.\log(\rho(\omega))$ et $\psi(\omega)$ dans deux diagrammes dont l'abscisse est affiché on log.



II - Explication théorique des filtres.

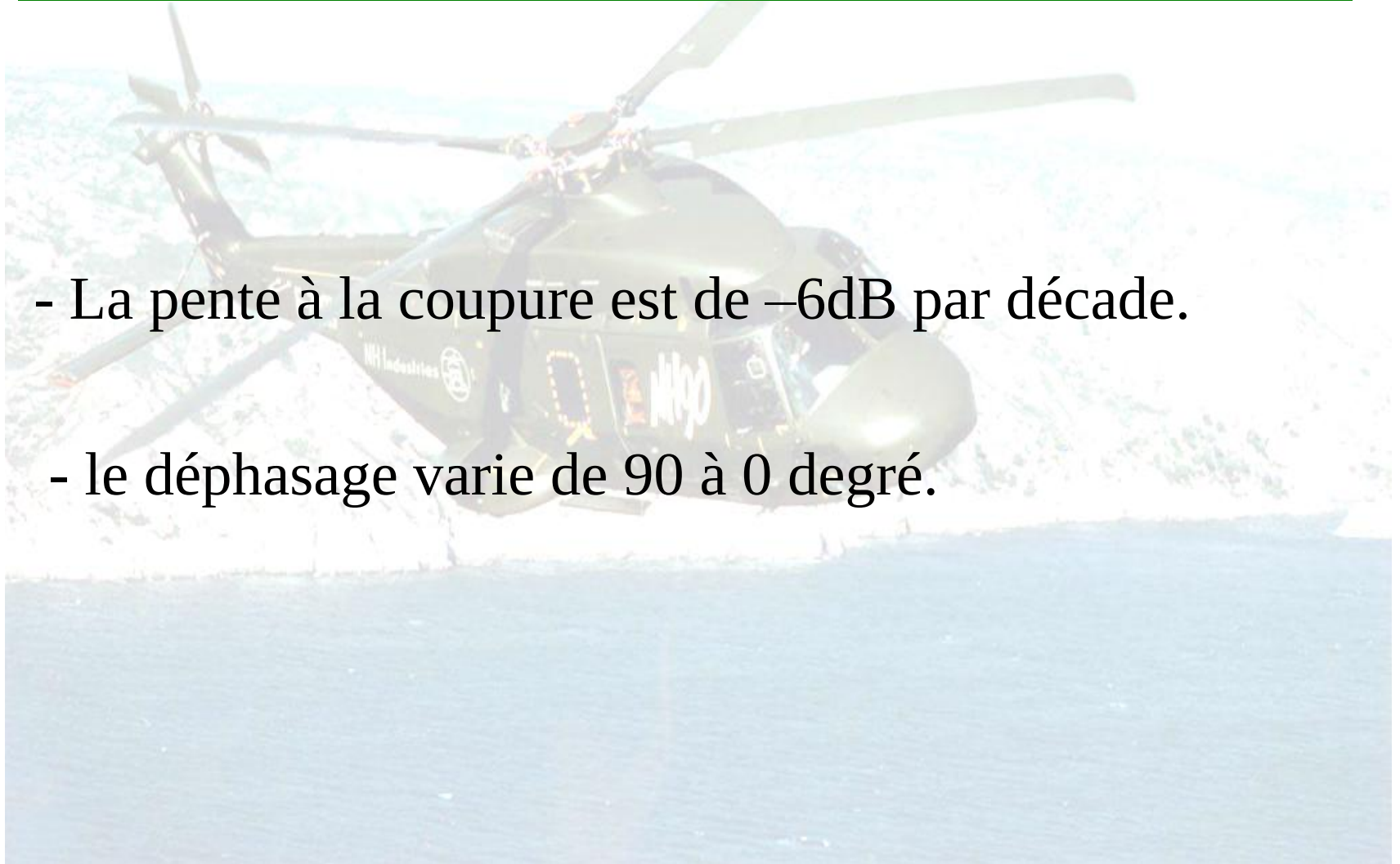
Tableau de correspondance :

transmission en %	magnitude en dB
0,5	-6,0
0,75	-2,5
0,8	-1,9
0,7	-3,1
0,1	-20,0
0.01	-40,0

λ_{dac} (mm)	w (rad/s)
0,08	12,5
0,25	4
0,8	1,25
2,5	0,4

II - Explication théorique des filtres.

- La pente à la coupure est de -6dB par décade.
- le déphasage varie de 90 à 0 degré.



II - Explication théorique des filtres.

Filtre 2CR du formtalysurf :

Les caractéristiques sont tirées du manuel d'utilisation du formtalysurf.

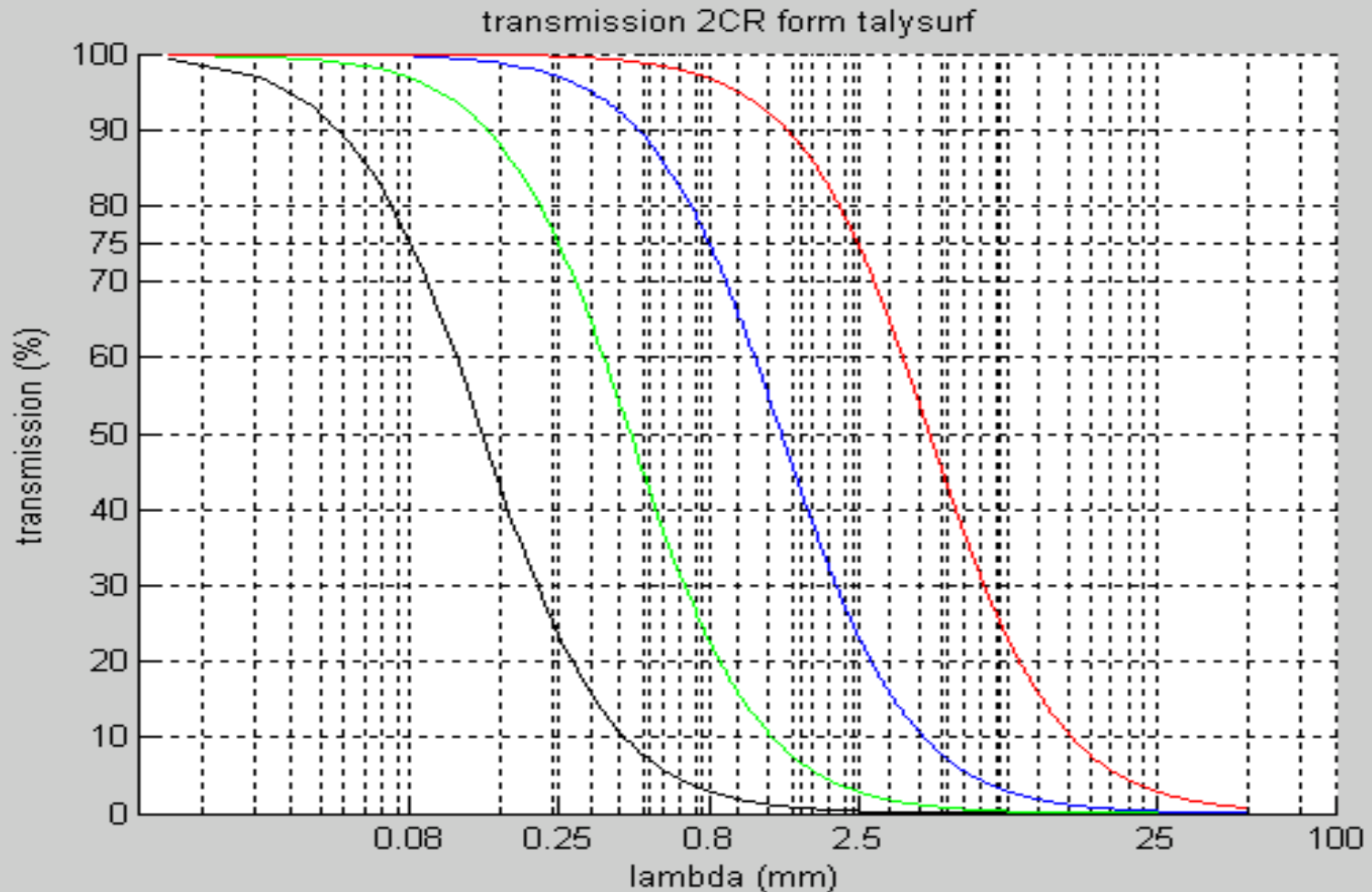
Pour un signal d'entrée sinusoïdal :

a = gentrée/garête

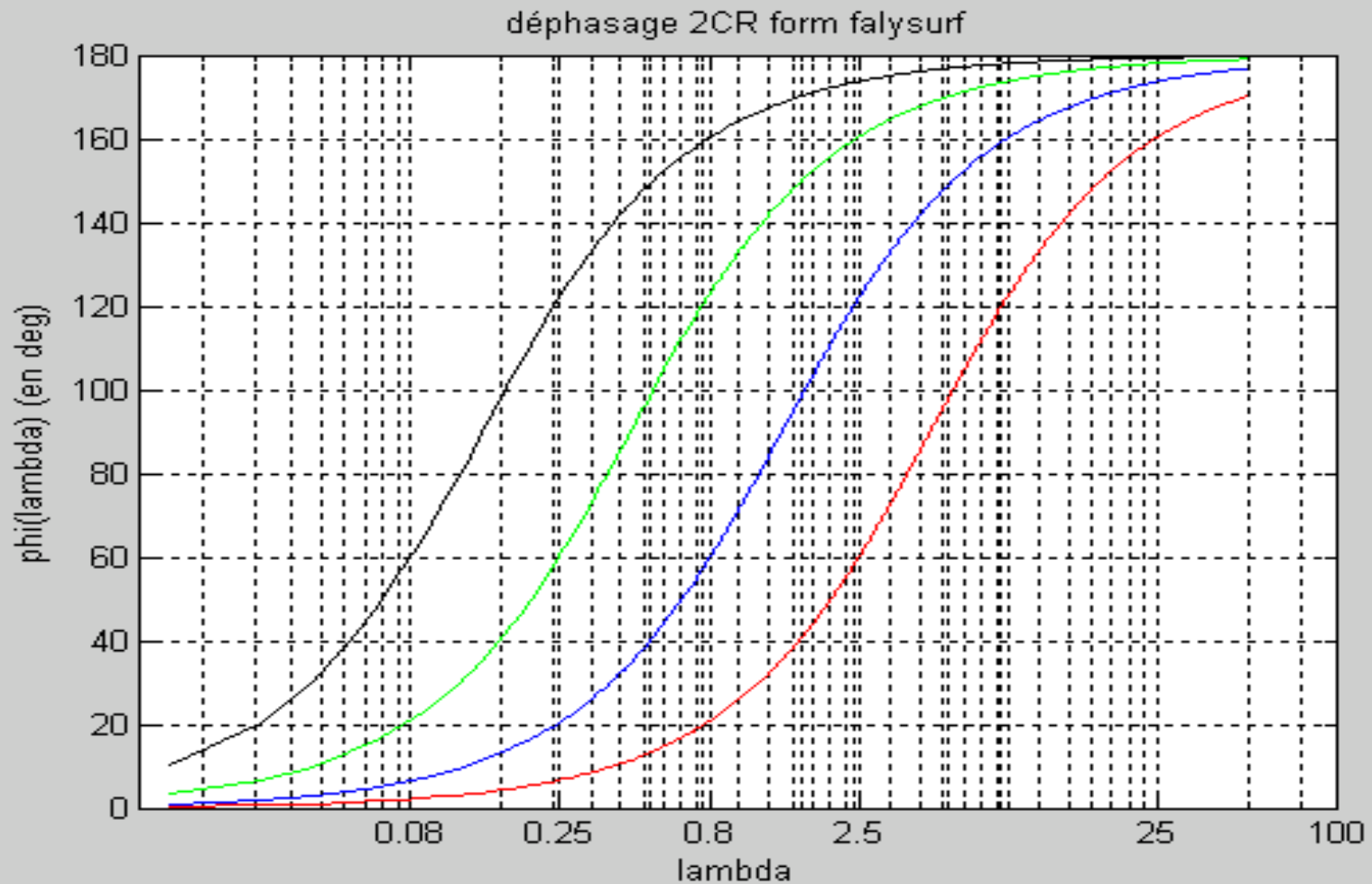
Transmission d'amplitude: **Rapport** = $\frac{3}{3 + a^2}$

déphasage : **phase** = $2 * \left(\tan^{-1} \frac{a}{\sqrt{3}} \right)$

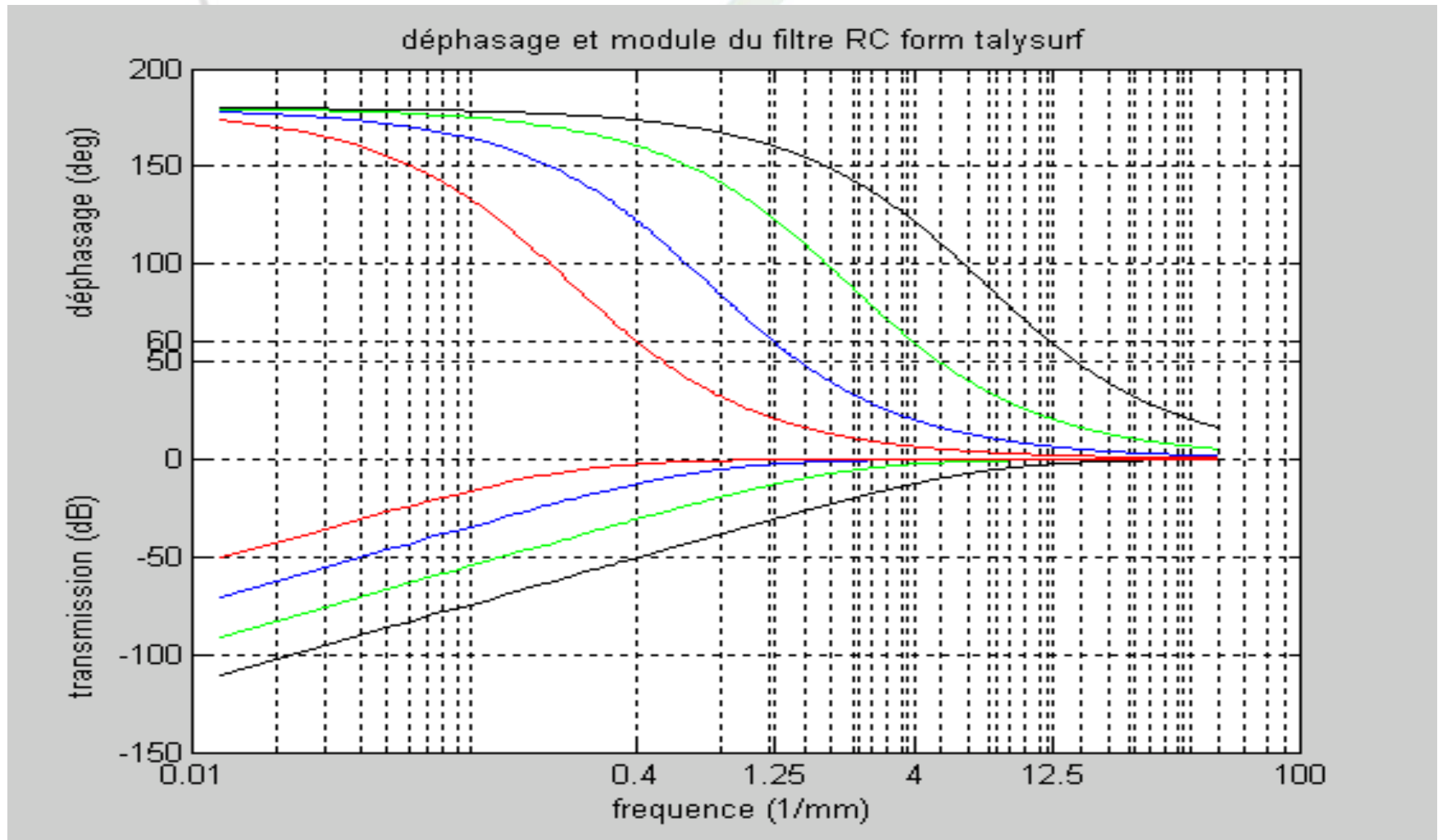
II - Explication théorique des filtres.



II - Explication théorique des filtres.

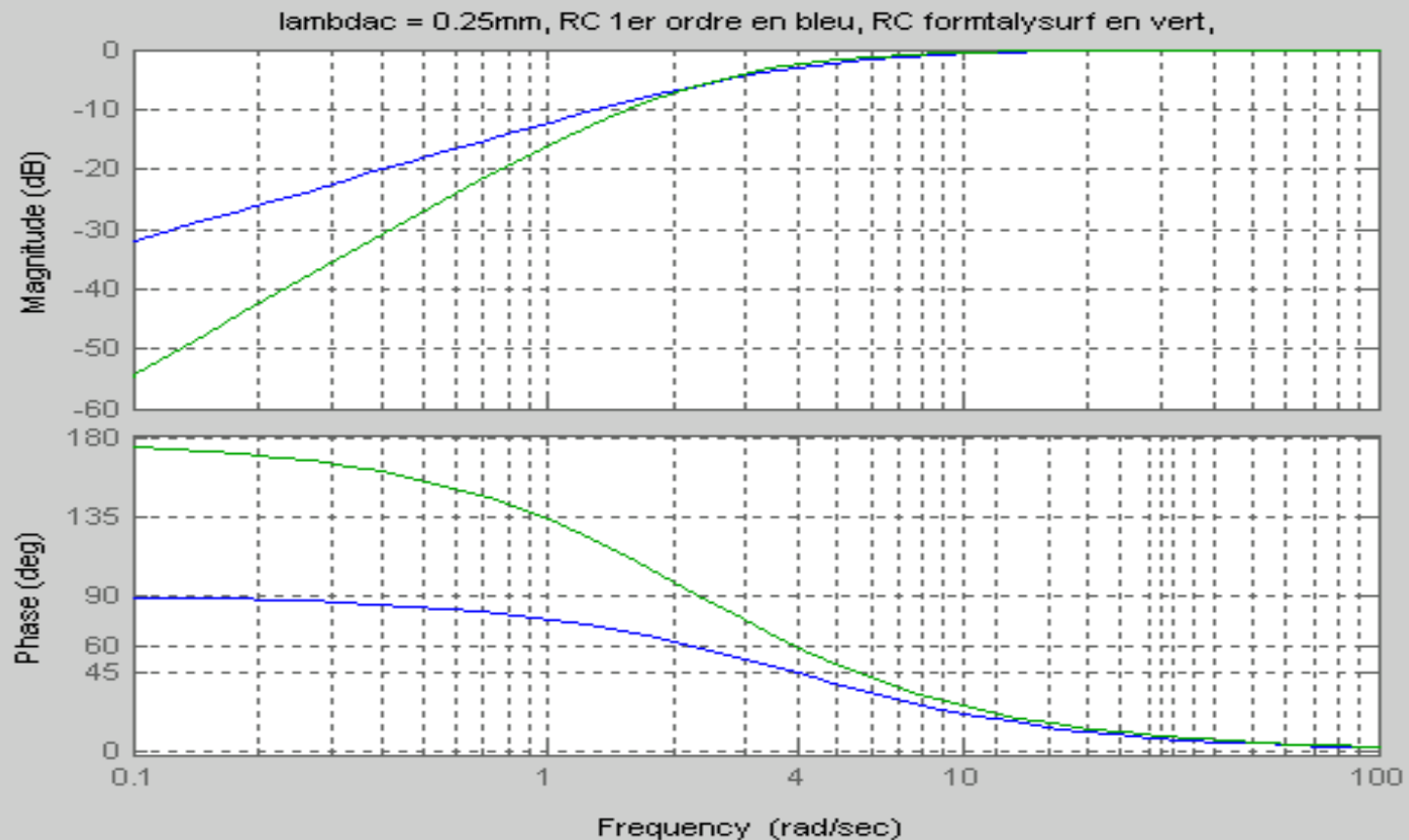


II - Explication théorique des filtres.



II - Explication théorique des filtres.

Comparaison 2CR 1er ordre et 2CR formtalysurf.



II - Explication théorique des filtres.

- la transmission à la coupure est de 75% ou $-2,5$ dB
- la pente à la coupure est de -12 dB/décade.
- le déphasage varie de 180 à 0 degré.

=> Ceux sont les caractéristique d' un filtre du deuxième ordre amortie.

Filtre RC du deuxième ordre :

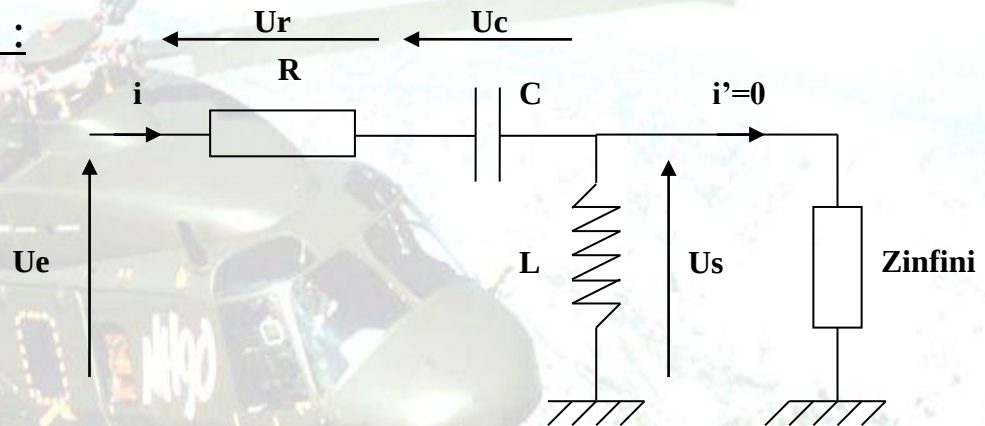
$$U_e(t) = U_r(t) + U_c(t) + U_s(t)$$

$$U_r(t) = Ri(t)$$

$$U_c(t) = q(t)/C$$

$$i(t) = d(q(t))/dt$$

$$U_s(t) = Ld(i(t))/dt$$



$$U_e(p) = U_r(p) + U_c(p) + U_s(p), U_r(p) = RI(p), U_c(p) = Q(p)/C, I(p) = pQ(p), U_s(p) = LpI(p)$$

$$U_e(p) = R Vs(p) / pL + Vs(p) + Vs(p)/CLp^2$$

$$H(p) = U_s(p)/U_e(p) = \frac{CLp^2}{1 + RCp + CLp^2}$$

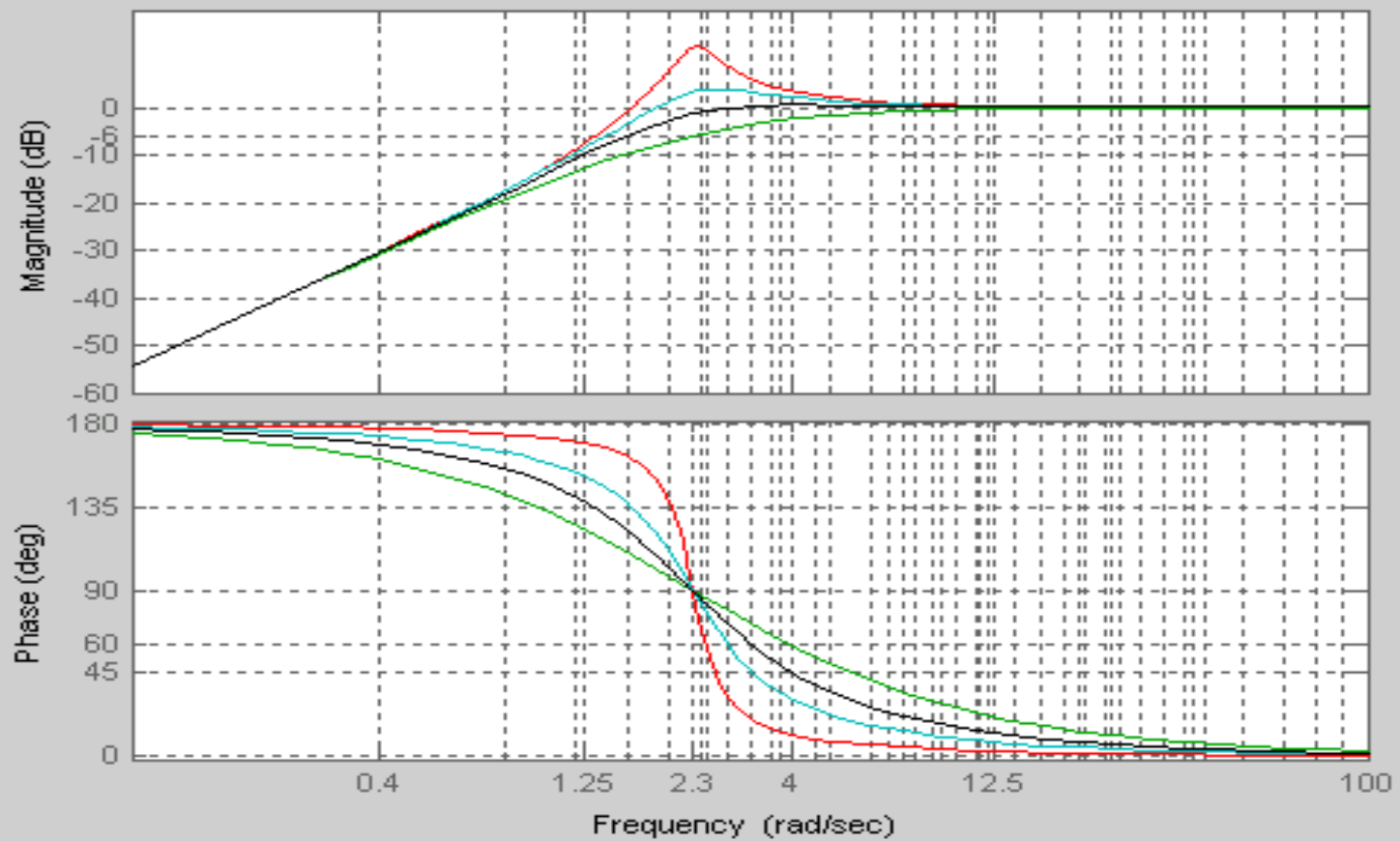
en analyse fréquentielle $p = j\omega$:

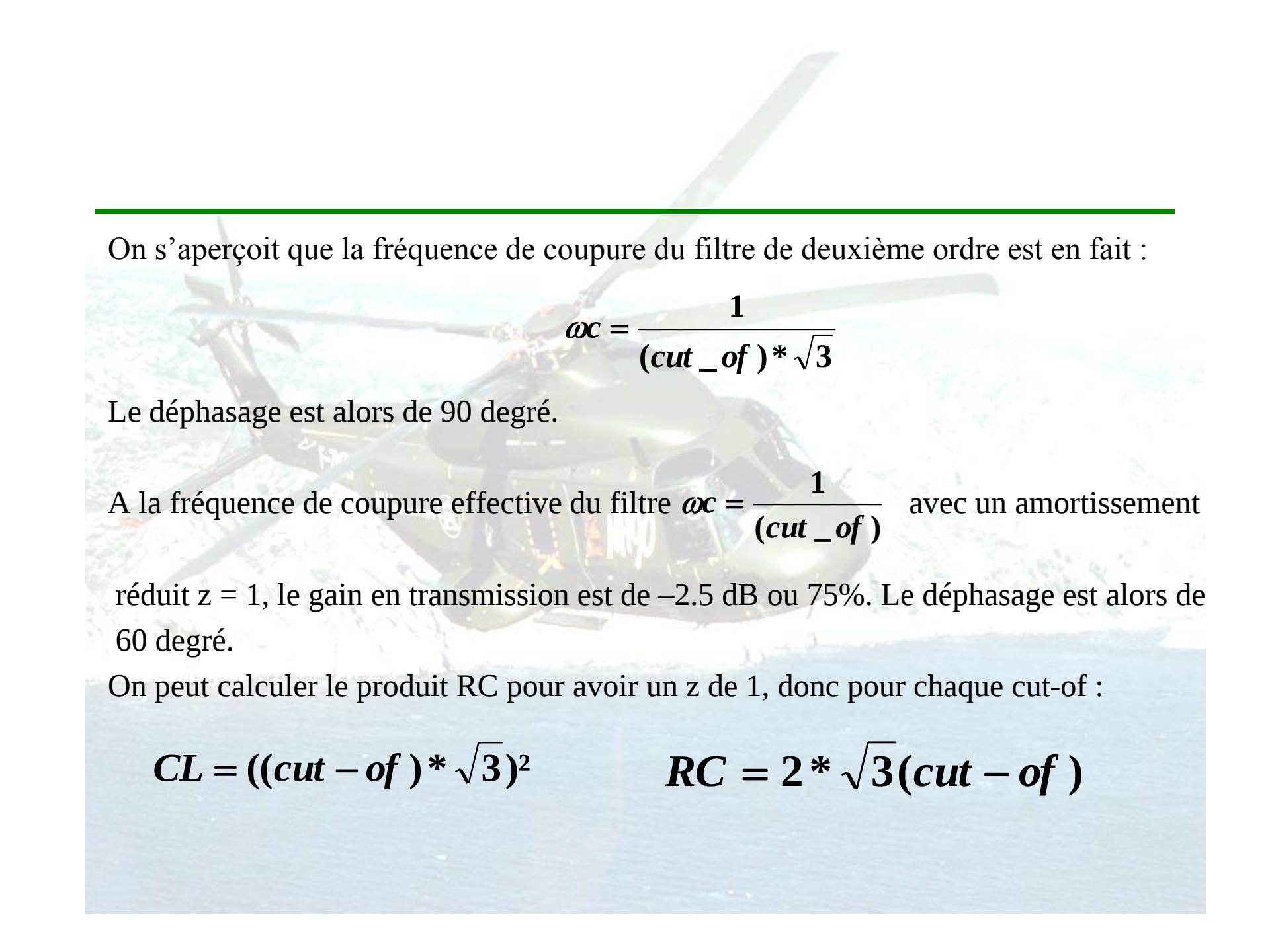
$$H_2(j\omega) = \frac{-CL\omega^2}{1 + RCj\omega - CL\omega^2} = \frac{-CL\omega^2}{1 + \frac{2z}{\omega c}j\omega - \frac{\omega^2}{\omega c^2}} \quad \omega c = \sqrt{\frac{1}{CL}}$$
$$z = \frac{1}{2} \frac{RC}{\sqrt{CL}}$$

$$\rho(\omega) = \text{module}(H(j\omega)) = \left| \frac{-CL\omega^2}{1 + \frac{2z}{\omega c}j\omega - \frac{\omega^2}{\omega c^2}} \right| = \frac{CL\omega^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega c^2}\right)^2 + \left(2z \frac{\omega}{\omega c}\right)^2}}$$

$$\psi(\omega) = \arg ument(H(j\omega)) = \pi - \arctan\left(\frac{2z \frac{\omega}{\omega c}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega c^2}}\right)$$

lambdac = 0.25mm, différentes valeurs de RC (0.1, 0.3, 0.5, 0.866)





On s'aperçoit que la fréquence de coupure du filtre de deuxième ordre est en fait :

$$\omega_c = \frac{1}{(cut_of) * \sqrt{3}}$$

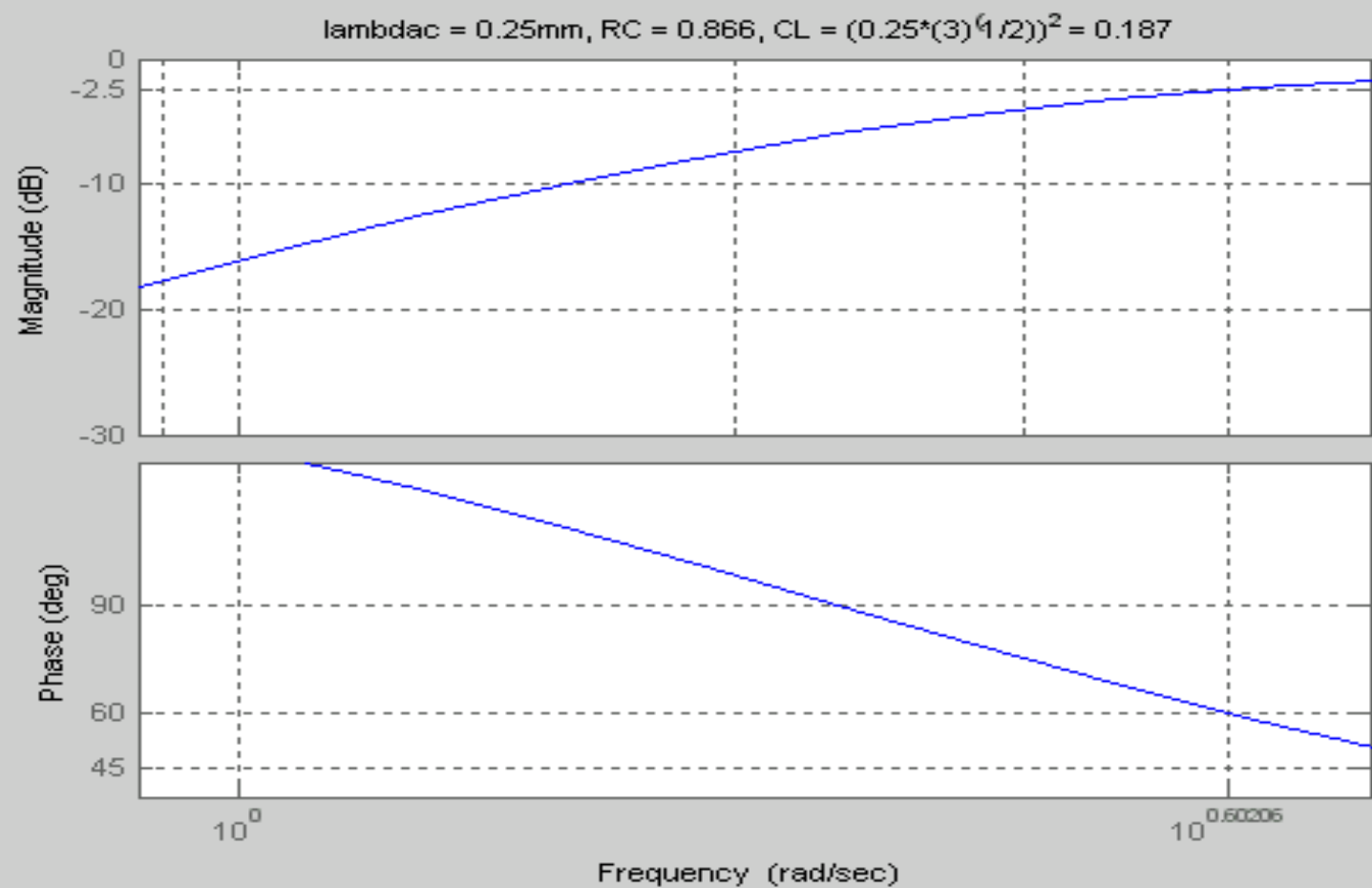
Le déphasage est alors de 90 degré.

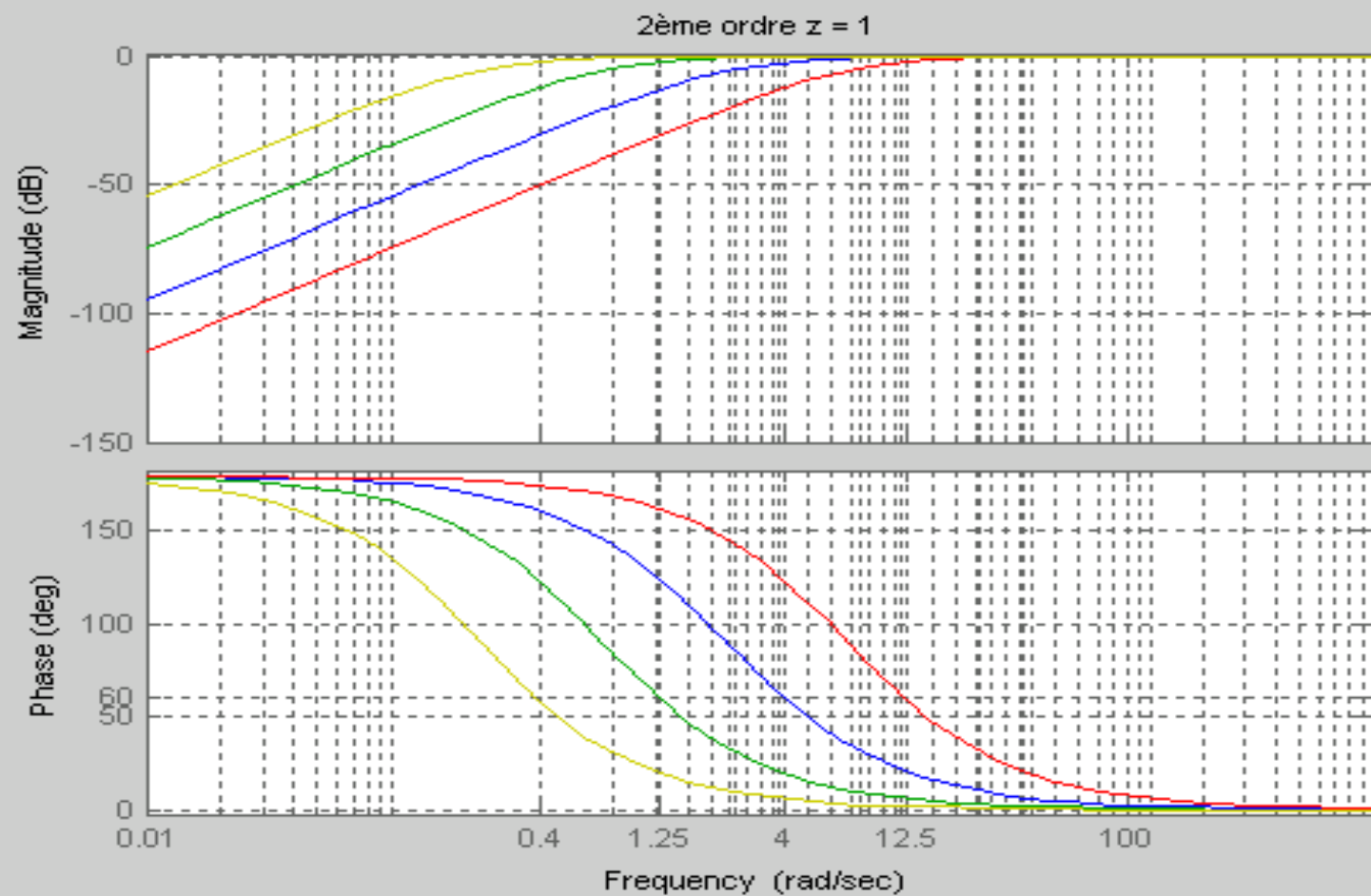
A la fréquence de coupure effective du filtre $\omega_c = \frac{1}{(cut_of)}$ avec un amortissement réduit $z = 1$, le gain en transmission est de -2.5 dB ou 75%. Le déphasage est alors de 60 degré.

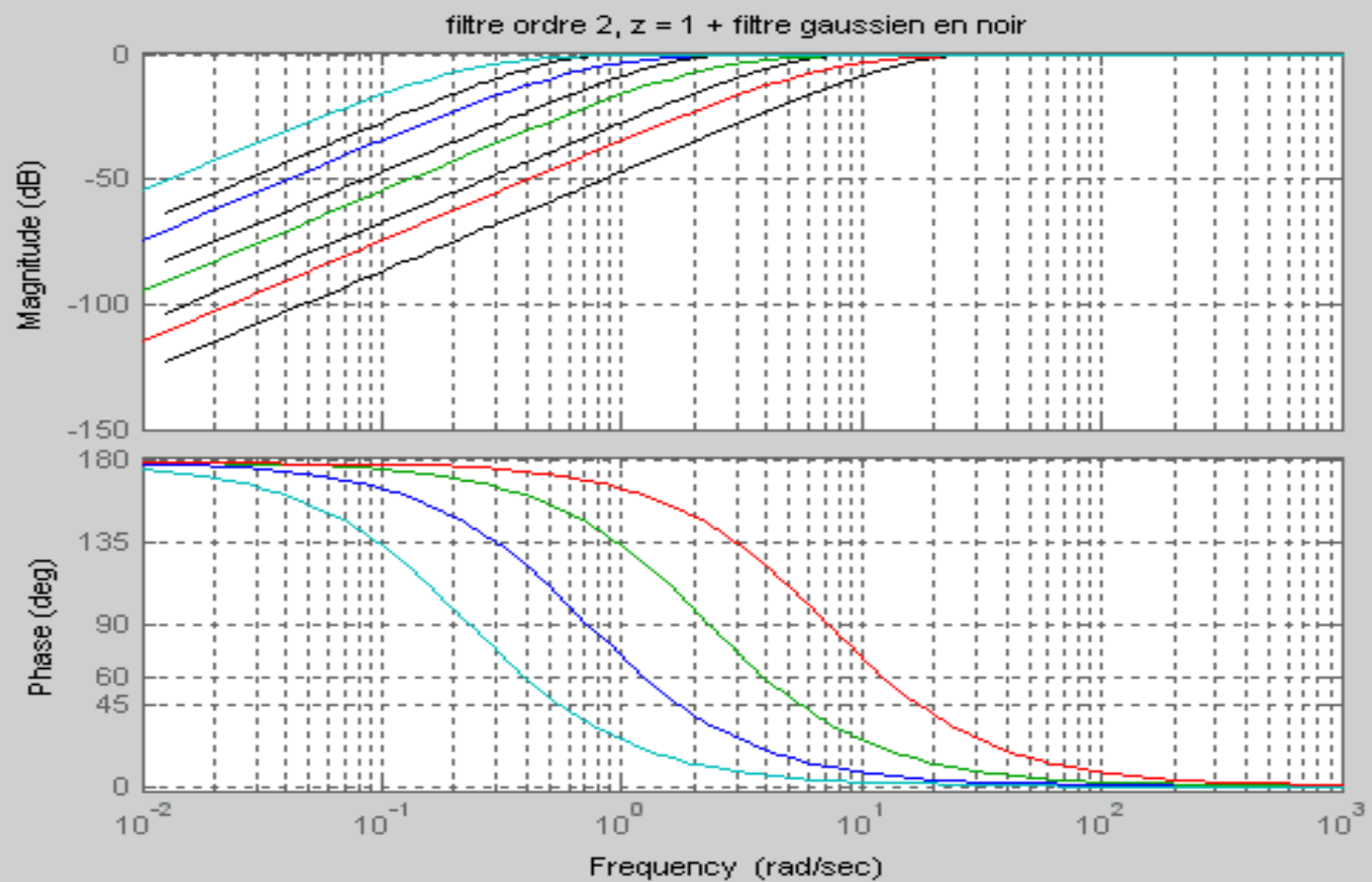
On peut calculer le produit RC pour avoir un z de 1, donc pour chaque cut-of :

$$CL = ((cut - of) * \sqrt{3})^2$$

$$RC = 2 * \sqrt{3}(cut - of)$$





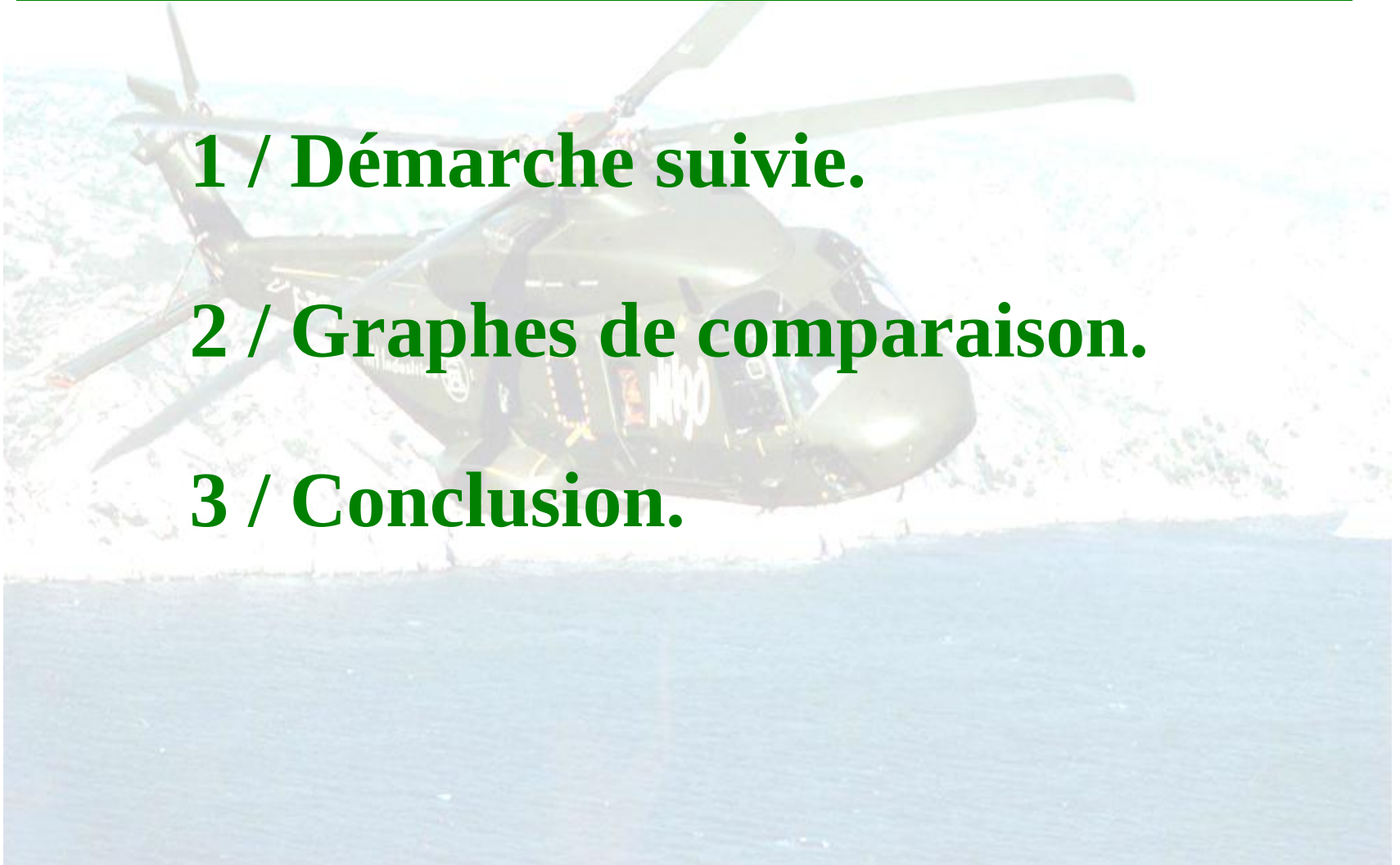


III - Adaptation des valeurs 2CR en Gaussiennes.

1 / Démarche suivie.

2 / Graphes de comparaison.

3 / Conclusion.



III - Adaptation des valeurs 2CR en Gaussiennes.

1 / Démarche suivie.

Mickaël FARNAUD

Comparaison EUROCOPTER / Moutains Profiles

Comparaison Moutains Profiles / SURFASCAN

**Comparaison des deux filtres grâce aux profils théoriques confiés par SOMICRONIC
=>Tableaux et graphes**

**Etudiants
INSA**

**Comparaison des deux filtres grâce aux profils théoriques que nous avons généré (créneaux, dents de scie, sinus de fréquences différentes,...)
=>Tableaux et graphes**

III - Adaptation des valeurs 2CR en Gaussiennes.

2 / Graphes de comparaison.



III - Adaptation des valeurs 2CR en Gaussiennes.

3 / Conclusion.

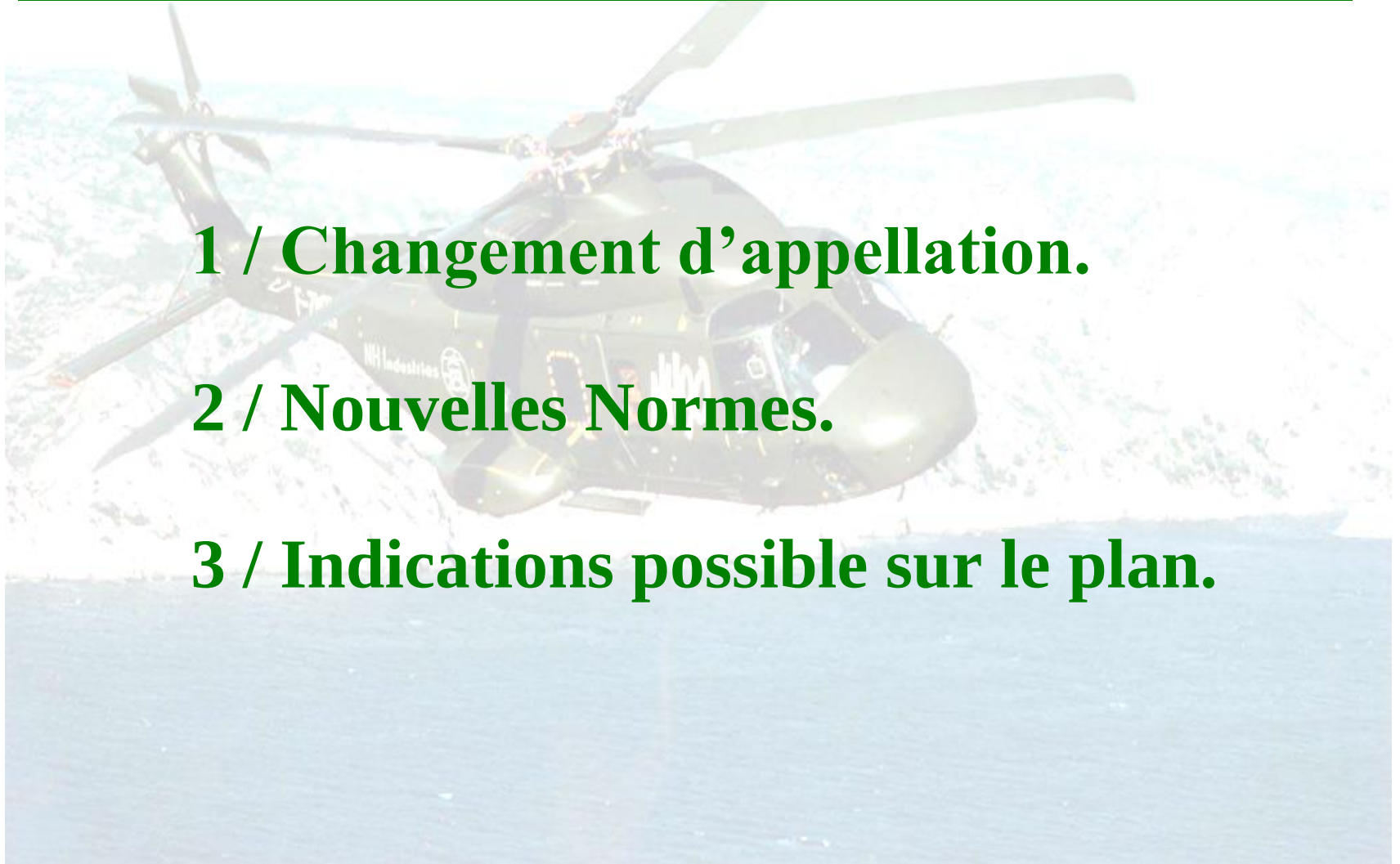


IV - Remise aux points sur les normes.

1 / Changement d'appellation.

2 / Nouvelles Normes.

3 / Indications possible sur le plan.



IV - Remise aux points sur les normes.

1 / Changement d'appellation.

ANCIEN APPELLATION	NOUVELLE APPELLATION
Tp (50%)	Rmr (50%)
Htp (50%)	C (50%)

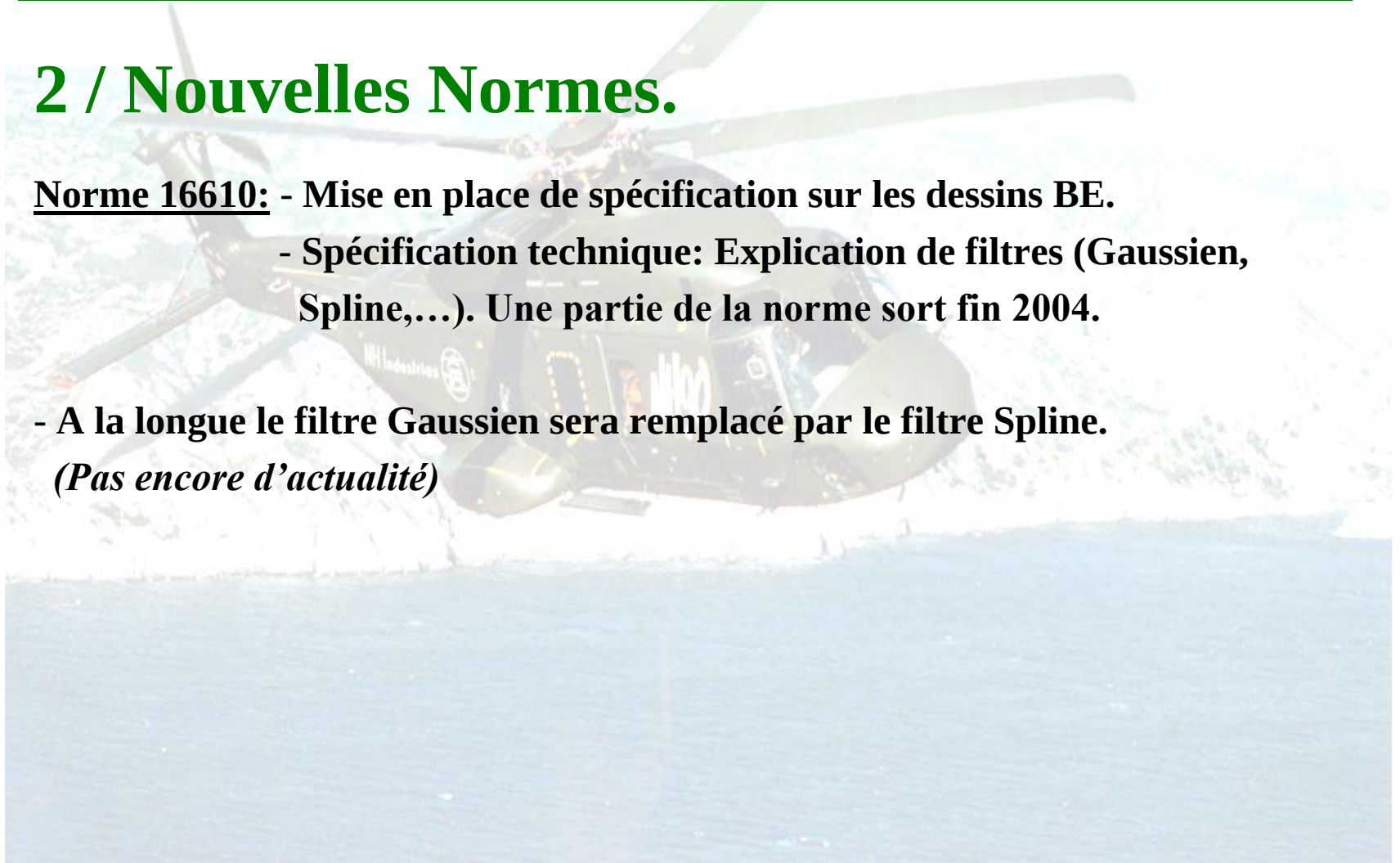
IV - Remise aux points sur les normes.

2 / Nouvelles Normes.

Norme 16610: - Mise en place de spécification sur les dessins BE.

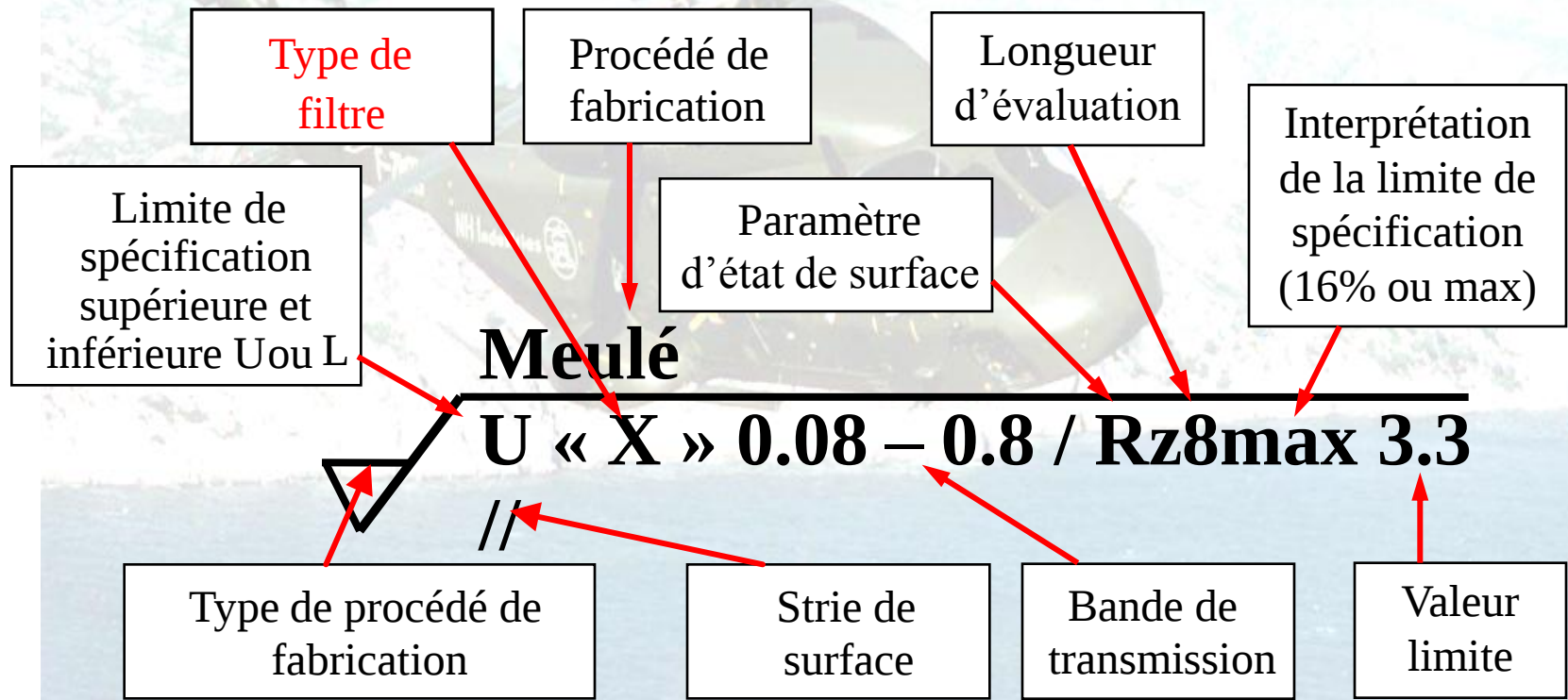
- Spécification technique: Explication de filtres (Gaussien, Spline,...). Une partie de la norme sort fin 2004.

- A la longue le filtre Gaussien sera remplacé par le filtre Spline.
(Pas encore d'actualité)



IV - Remise aux points sur les normes.

3 / Indications possible sur le plan.



Conclusion

Après toutes les explications sur les filtres on peut dire:

- **Savoir maintenant d'où viennent les différences entre les deux filtres.**
- **Mais toujours pas donner de valeurs permettant de passer d'un critère à l'autre.**

Remerciements

A toutes les personnes que nous avons
côtoyer au cours de ce projet :
« Mr Raynaud, la société EUROCOPTER et
la société SOMICRONIC ».

Merci de votre attention.

A vos marques !!!!



QUESTIONS ?