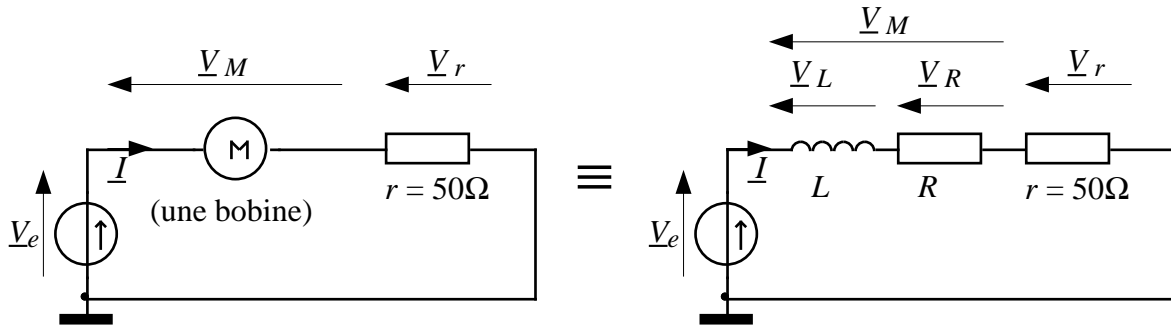


### A11 - Etude d'une bobine

I- Mesurer à l'ohmmètre la valeur de la résistance  $R_0$  d'un enroulement du moteur.

II- On considère le montage expérimental ci-dessous. Le bobinage moteur est donné sous la forme de son schéma équivalent série.



1)  $v_e(t)$  est une tension sinusoïdale pure de fréquence  $f = 120$  Hz et de valeur efficace  $V_{eff} \approx 2$  V. Relever à l'oscilloscope (et imprimer) les graphes des tensions  $\{V_r, V_e\}$ , puis  $\{V_r, V_M\}$ .

2) On choisit pour origine des phases le courant  $I$ . Mesurer la valeur efficace et la phase des tensions  $V_e$ ,  $V_r$  et  $V_M$ .

2) Écrire les expressions analytiques  $v_e(t)$ ,  $v_r(t)$  et  $v_M(t)$ .

3) Vérifier par le calcul (en utilisant les nb complexes) que :  $V_e = V_r + V_M$

4) Tracer sur papier millimétré le diagramme de Fresnel des tensions  $V_e$ ,  $V_r$ ,  $V_M$ ,  $V_L$ , et  $V_R$ . Echelle :  $0,1V_{eff}/cm$ .

5) Etablir une relation entre les valeurs efficaces :  $V_M$ ,  $V_R$ , et  $V_L$  ; et :  $V_e$ ,  $V_r$ ,  $V_R$ , et  $V_L$ .

6) Sachant que  $V_R = R.I$  et  $V_L = L\omega I$ , en déduire  $R = f(r, V_R, V_r)$  et  $L = g(r, V_L, V_r, f)$ . **A.N.**

### III- Application : étude systématique des propriétés physiques d'un bobinage.

On étudie les propriétés d'un bobinage en fonction de la fréquence par la méthode de mesure du paragraphe II.

A l'aide d'une feuille de calcul EXCEL, préparer le tableau ci-dessous, et saisir les formules (tirées du §II) permettant d'effectuer les calculs numériques.

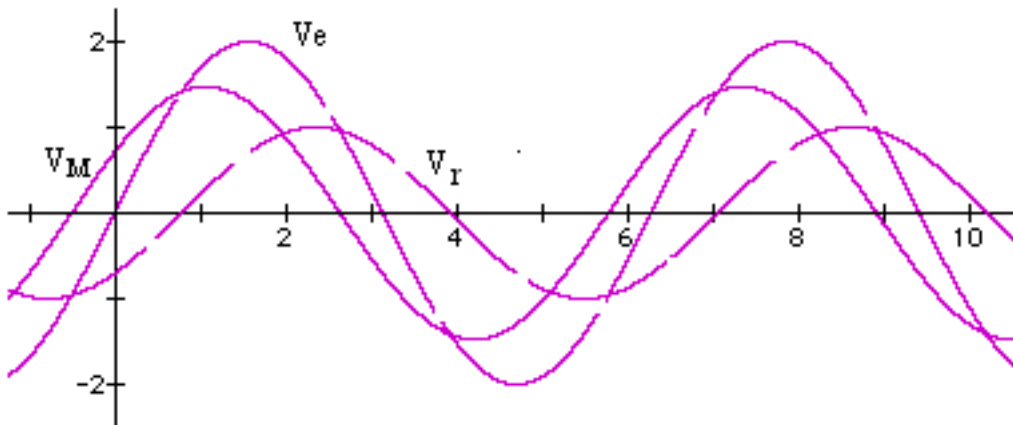
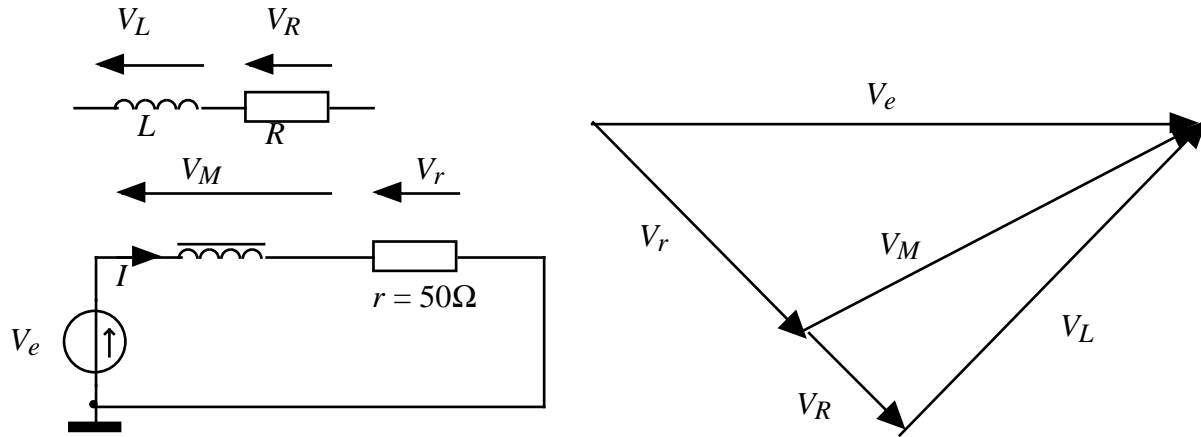
Remplir le tableau en faisant varier la fréquence, de 20 Hz à 2000 Hz, pour différentes bobines (enroulement de moteur, bobine à noyau, à air, torique,...). Tracer à l'aide du module graphique les courbes  $R(f)$ ,  $L(f)$  et  $|Z|(f)$ . Conclusion : quel est le bobinage dont les caractéristiques se rapprochent le plus d'un circuit RL idéal ? Que dire des autres bobinages ?

F (Hz)	Ve (V)	VM (V)	Vr (V)	VR (V)	VL (V)	R (Ω)	L (H)	Z (Ω)	
20	1,55	0,47	1,13	0,40	0,246	17,71	8,672e-2	20,8	
etc...	<i>(ceci est un exemple, qui permet de vérifier le bon fonctionnement des formules saisies)</i>								

## Commentaires

### Etude des variations de la résistance et de l'inductance de différentes bobines en fonction de la fréquence

#### 1. Méthode de mesure & calculs



$$\left\{ \begin{array}{l} V_M^2 = V_R^2 + V_L^2 \\ V_e^2 = (V_R + V_r)^2 + V_L^2 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_R = \frac{V_e^2 - V_M^2 - V_r^2}{2V_r} \\ V_L = \sqrt{V_M^2 - V_R^2} \end{array} \right. \quad \text{et} \quad \left\{ \begin{array}{l} I = \frac{V_r}{r} \\ V_R = RI \\ V_L = L\omega I \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R = r \frac{V_R}{V_r} \\ L = \frac{r}{2\pi f} \frac{V_L}{V_r} \\ Z = \sqrt{R^2 + (L2\pi f)^2} \end{array} \right.$$

Cette méthode de mesure permet d'étudier facilement l'évolution de la résistance et de l'inductance d'une bobine en fonction de la fréquence. Sur le papier, les valeurs de celles-ci devraient être constantes et indépendantes de la fréquence ! En pratique il n'en est rien, à cause de l'influence prépondérante du noyau (s'il y en a un, bien sûr) : l'échauffement de celui-ci se traduit par des pertes Joule équivalant à une résistance apparente venant s'ajouter à la résistance électrique du fil bobiné. Il faut également tenir compte de *l'effet de peau* : en courant alternatif, la densité d'électrons dans le conducteur diminue de la surface vers le centre de celui-ci, ce qui diminue sa section utile et augmente d'autant sa résistance :  $R = \frac{\rho \cdot l}{S} \Rightarrow$  si  $S$  diminue,  $R$  augmente. Cet effet est important en haute fréquence.

*Exemples pages suivantes.*

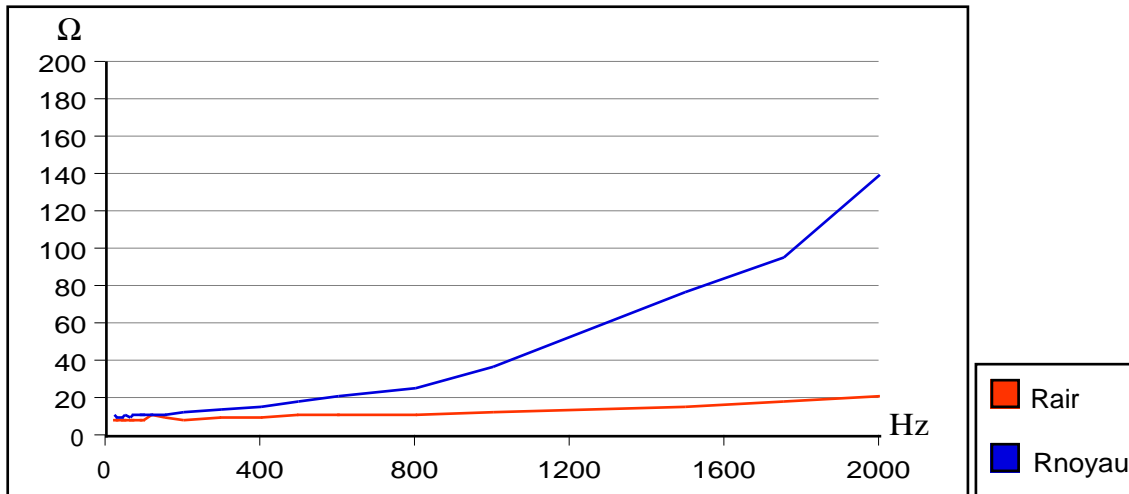
## 2. Une bobine 1000 spires avec ou sans noyau Fer

Mesures : bobine sans noyau

F [Hz]	Ve	VM [V]	Vr [V]	VR [V]	VL [V]	Rair [Ω]	Lair [H]	Zair [Ω]
20	1,64	0,28	1,40	0,23	0,15	8,4	0,042	10
30	1,65	0,32	1,40	0,24	0,22	8,4	0,042	12
40	1,66	0,38	1,40	0,23	0,30	8,3	0,043	14
50	1,67	0,44	1,39	0,24	0,37	8,7	0,042	16
60	1,69	0,51	1,39	0,24	0,45	8,5	0,043	18
70	1,70	0,57	1,38	0,24	0,52	8,5	0,043	21
90	1,74	0,70	1,37	0,24	0,66	8,7	0,043	26
100	1,76	0,77	1,35	0,25	0,73	9,1	0,043	29
120	1,82	0,90	1,31	0,29	0,85	11,2	0,043	34
150	1,88	1,08	1,30	0,26	1,05	10,1	0,043	42
200	2,00	1,38	1,25	0,21	1,36	8,5	0,043	55
300	2,24	1,81	1,10	0,23	1,79	10,5	0,043	82
400	2,42	2,12	0,98	0,20	2,11	10,3	0,043	109
500	2,56	2,34	0,86	0,19	2,33	10,8	0,043	136
600	2,65	2,49	0,77	0,17	2,48	10,9	0,043	163
800	2,78	2,67	0,62	0,14	2,67	11,3	0,043	217
1000	2,84	2,77	0,51	0,13	2,77	12,7	0,043	271
1500	2,92	2,88	0,35	0,11	2,88	15,5	0,043	407
1750	2,94	2,91	0,31	0,11	2,91	18,7	0,043	475
2000	2,95	2,92	0,27	0,12	2,92	21,7	0,043	543

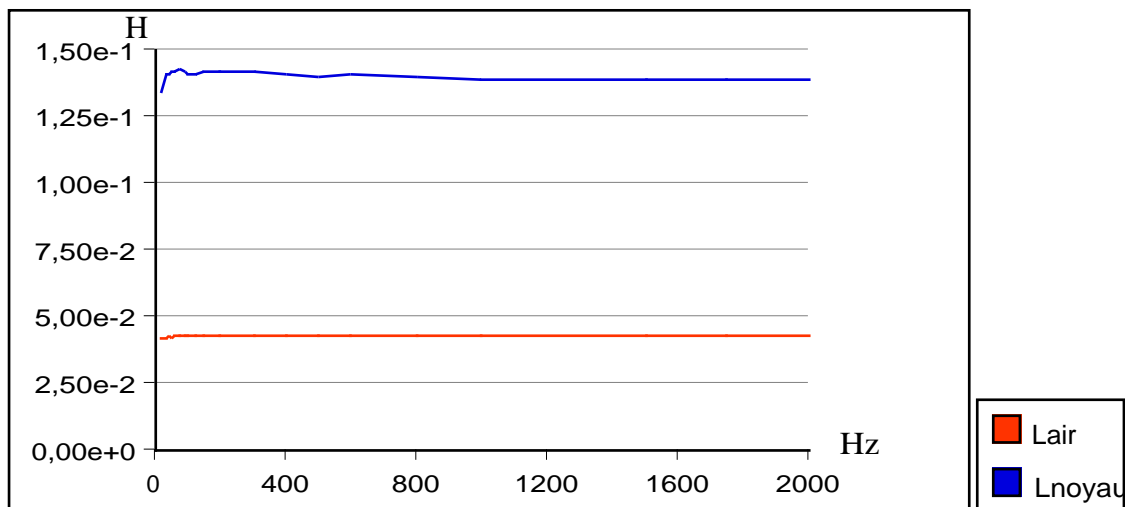
Mesures : bobine avec noyau

F [Hz]	Ve	VM [V]	Vr [V]	VR [V]	VL [V]	Rnoy [Ω]	Lnoy [H]	Znoy [Ω]
20	1,73	0,56	1,34	0,33	0,45	12,1	0,134	21
30	1,76	0,76	1,34	0,28	0,71	10,4	0,141	29
40	1,84	0,97	1,31	0,27	0,93	10,4	0,141	37
50	1,92	1,17	1,27	0,28	1,13	11,0	0,142	46
60	2,00	1,35	1,24	0,26	1,32	10,6	0,142	54
70	2,09	1,52	1,19	0,27	1,49	11,3	0,143	64
90	2,23	1,79	1,10	0,26	1,77	11,8	0,142	81
100	2,29	1,90	1,06	0,25	1,88	11,7	0,141	90
120	2,41	2,10	0,98	0,23	2,08	11,9	0,141	107
150	2,55	2,32	0,86	0,21	2,31	12,1	0,142	134
200	2,69	2,55	0,71	0,18	2,54	12,8	0,142	178
300	2,84	2,76	0,52	0,15	2,76	14,3	0,142	267
400	2,90	2,85	0,40	0,13	2,85	16,1	0,141	356
500	2,93	2,90	0,33	0,12	2,89	18,3	0,140	441
600	2,95	2,92	0,28	0,12	2,92	21,6	0,141	531
800	2,96	2,95	0,21	0,11	2,95	25,8	0,140	706
1000	2,97	2,96	0,17	0,13	2,96	37,3	0,139	876
1500	2,98	2,97	0,11	0,18	2,97	77,6	0,139	1315
1750	2,98	2,98	0,10	0,18	2,97	95,3	0,139	1534
2000	2,98	2,98	0,09	0,24	2,97	140,0	0,139	1751

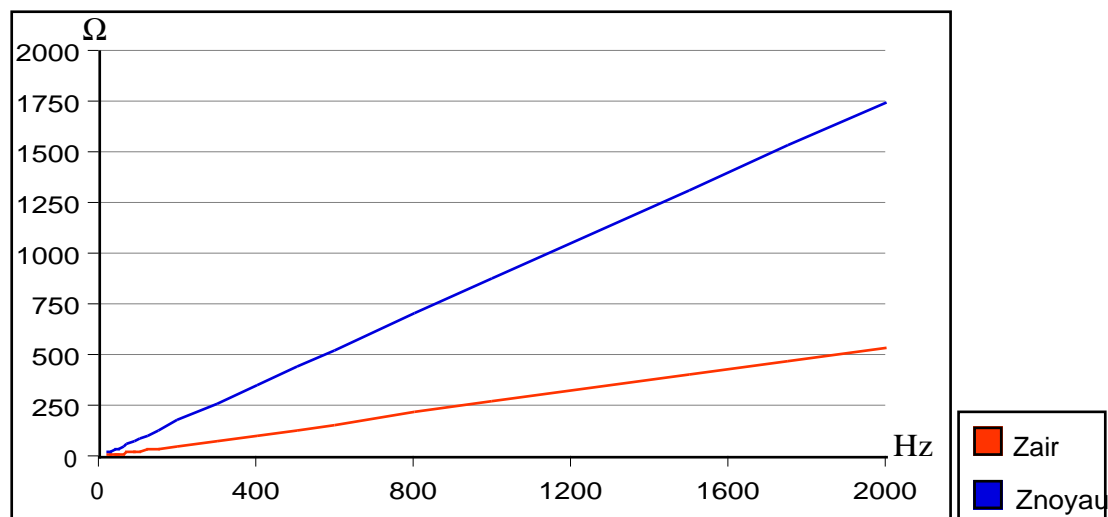
Résistance  $R$ 

Résistance mesurée à l'ohmmètre :  $R_0 = 8,5\Omega$

Résistance mesurée en alternatif : la résistance de la bobine à air est sensiblement constante (encore qu'il faille tenir compte de l'effet de peau, par lequel la section utile du conducteur diminue avec la fréquence). En revanche, la résistance mesurée de la bobine avec noyau métallique augmente nettement avec la fréquence.

Inductance  $L$ 

On constate que l'inductance de la bobine est quasi indépendante de la fréquence : l'influence du noyau est négligeable, sauf bien entendu en ce qui concerne la valeur de l'inductance proprement dite ( $L$  est plus grande s'il y a un noyau).

Impédance  $Z$ 

La quantité  $L\omega$  étant rapidement très supérieur à  $R$ , l'impédance est pratiquement proportionnelle à la fréquence.

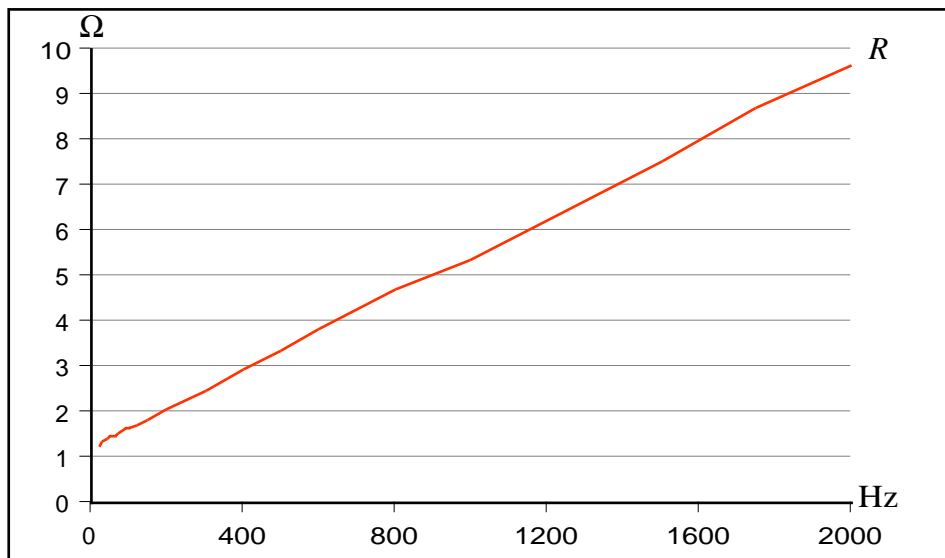
### 3. Une bobine torique de filtrage pour alimentation AC/DC

Constatation similaire au cas d'une bobine avec noyau :

#### Mesures

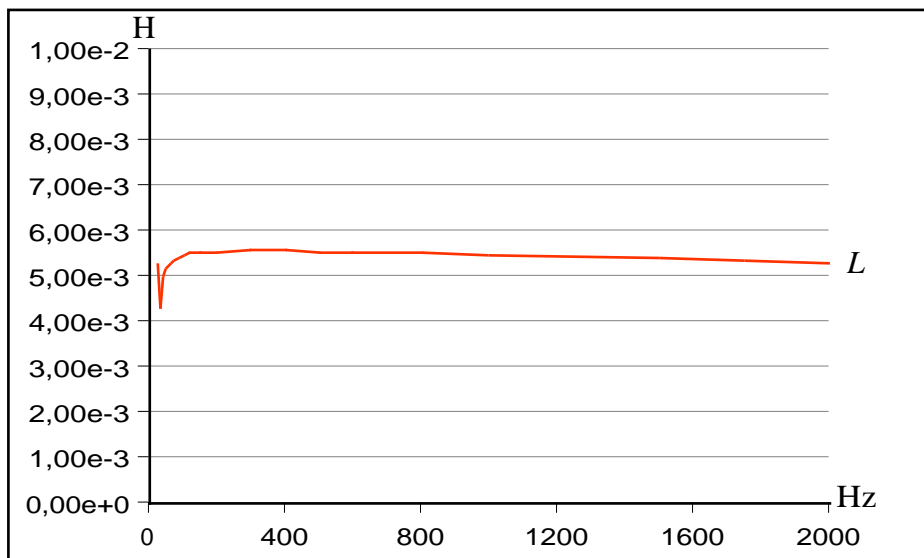
F [Hz]	$V_e$	$V_M$ [V]	$V_r$ [V]	$V_R$ [V]	$V_L$ [V]	$r$ [ $\Omega$ ]	$L$ [H]	$Z$ [ $\Omega$ ]
20	1,55	0,04	1,51	0,04	0,02	1,22	0,0053	1,4
30	1,55	0,05	1,51	0,04	0,02	1,37	0,0043	1,6
40	1,55	0,06	1,51	0,04	0,04	1,41	0,0050	1,9
50	1,56	0,07	1,51	0,04	0,05	1,46	0,0052	2,2
60	1,56	0,07	1,51	0,04	0,06	1,48	0,0053	2,5
70	1,56	0,09	1,51	0,05	0,07	1,52	0,0054	2,8
90	1,56	0,10	1,51	0,05	0,09	1,63	0,0054	3,5
100	1,56	0,12	1,51	0,05	0,10	1,68	0,0054	3,8
120	1,56	0,14	1,51	0,05	0,13	1,72	0,0055	4,5
150	1,57	0,17	1,51	0,06	0,16	1,83	0,0056	5,5
200	1,58	0,22	1,50	0,06	0,21	2,07	0,0055	7,3
300	1,59	0,32	1,49	0,07	0,31	2,49	0,0056	10,8
400	1,62	0,42	1,48	0,09	0,41	2,91	0,0056	14,3
500	1,64	0,52	1,46	0,10	0,51	3,35	0,0055	17,7
600	1,67	0,62	1,45	0,11	0,61	3,81	0,0055	21,3
800	1,74	0,80	1,42	0,13	0,78	4,71	0,0055	28,1
1000	1,80	0,96	1,38	0,15	0,95	5,38	0,0055	35,0
1500	1,97	1,32	1,28	0,19	1,30	7,56	0,0054	51,4
1750	2,05	1,47	1,23	0,21	1,45	8,71	0,0053	59,4
2000	2,12	1,60	1,19	0,23	1,58	9,66	0,0053	67,2

Résistance  $R$

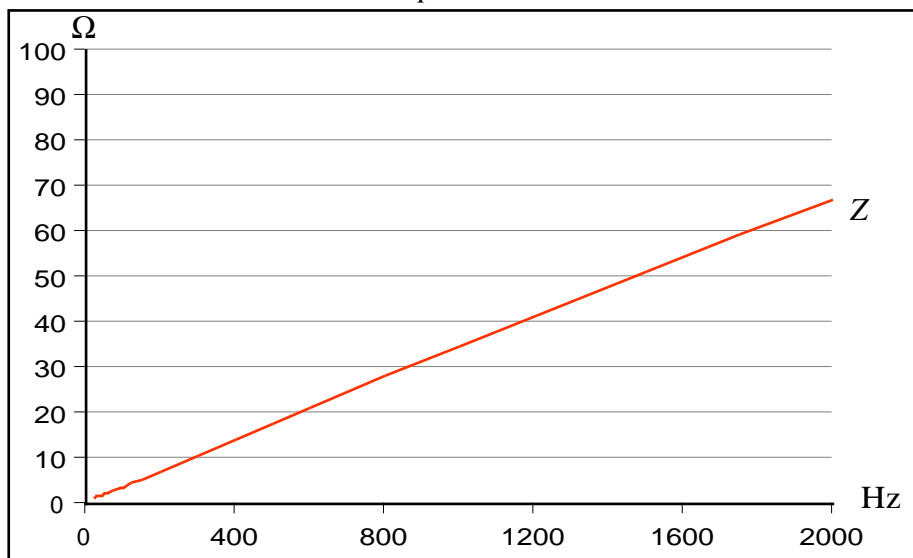


Résistance mesurée à l'ohmmètre :  $R_0 = 1\Omega$

Inductance  $L$



Impédance  $Z$

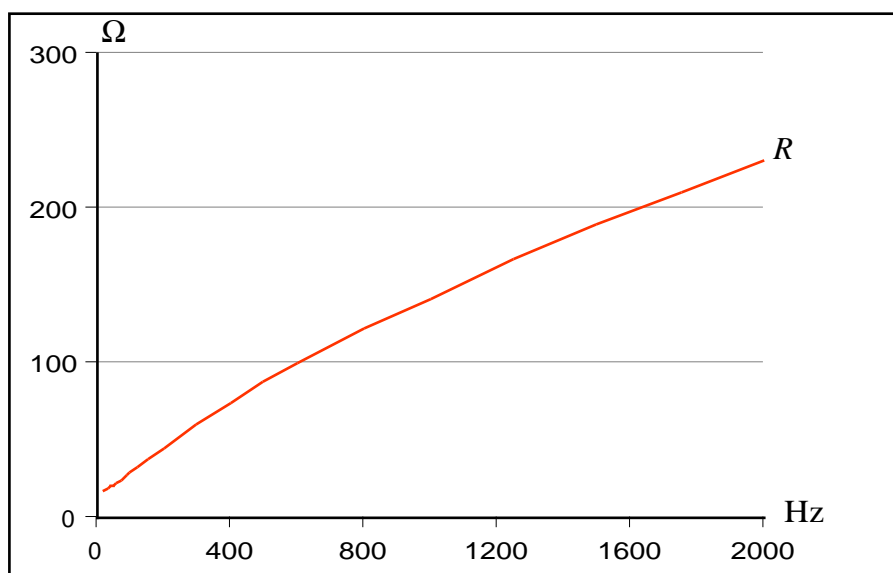


#### 4. Un enroulement de moteur pas-à-pas

##### Mesures

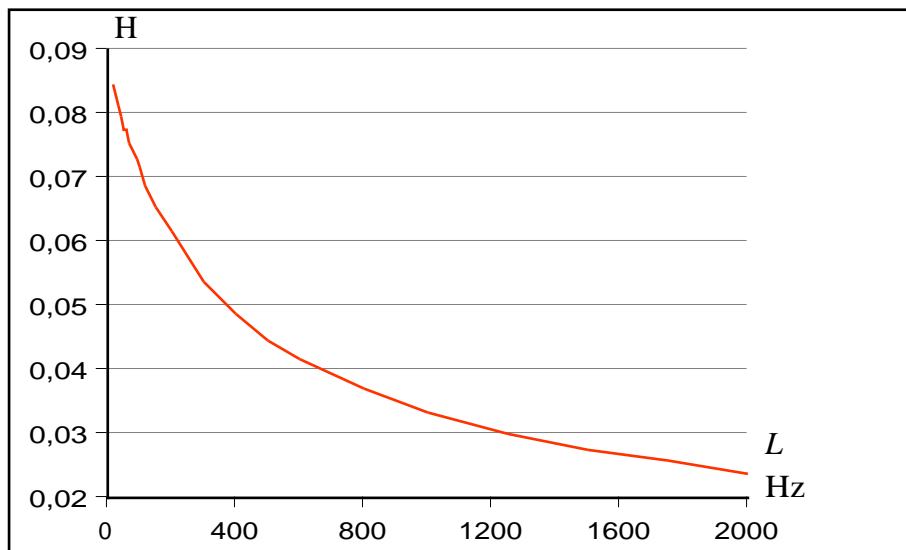
F [Hz]	Ve	VM [V]	Vr [V]	VR [V]	VL [V]	r [ $\Omega$ ]	L [H]	Z [ $\Omega$ ]
20	1,55	0,47	1,13	0,40	0,24	18	0,085	21
30	1,58	0,54	1,12	0,42	0,34	19	0,081	24
40	1,62	0,63	1,11	0,45	0,44	20	0,080	28
50	1,62	0,70	1,08	0,46	0,52	21	0,077	32
60	1,69	0,80	1,08	0,49	0,63	23	0,077	37
70	1,72	0,87	1,06	0,51	0,70	24	0,075	41
90	1,78	1,01	1,02	0,56	0,84	27	0,073	49
100	1,81	1,07	0,99	0,58	0,90	29	0,072	54
120	1,86	1,17	0,95	0,62	0,99	33	0,069	61
150	1,93	1,30	0,90	0,68	1,11	38	0,065	72
200	2,00	1,46	0,81	0,74	1,26	46	0,062	90
300	2,13	1,68	0,71	0,87	1,44	61	0,054	118
400	2,21	1,81	0,63	0,95	1,55	75	0,049	143
500	2,27	1,91	0,58	1,01	1,62	87	0,045	165
600	2,31	1,98	0,53	1,06	1,67	100	0,042	186
800	2,36	2,07	0,47	1,14	1,73	122	0,037	222
1000	2,40	2,13	0,42	1,19	1,77	142	0,033	254
1250	2,43	2,19	0,38	1,26	1,79	167	0,030	290
1500	2,46	2,23	0,35	1,31	1,81	189	0,028	322
1750	2,47	2,27	0,32	1,36	1,82	211	0,026	352
2000	2,49	2,29	0,30	1,40	1,81	232	0,024	379

##### Résistance R



Résistance mesurée à l'ohmètre :  $R_0 = 17\Omega$

Inductance  $L$



On constate ici que le rotor en fer doux du moteur exerce une influence prépondérante (et complexe) sur la valeur des paramètres  $R$  et  $L$ .

Impédance  $Z$

