

Sumari

SUMARI	1
A. ASSAIGS	2
A.1. Assaigs realitzats al CEA.....	2
A.2. Assaigs realitzats a l'IRII.....	3
A.2.1. Espectroscòpies.....	4
A.2.2. Interrupcions de corrent.....	6
B. CONSTRUCCIÓ DEL CIRCUIT COMPLET	8
C. SELECCIÓ DEL MODE D'AJUST DEL ZVIEW	16
D. TAULES I TENDÈNCIES	20
D.1. Dades amb oxigen.....	20
D.1.1. Anàlisi dels paràmetres dels circuits equivalents CEA – Pressió.....	20
D.1.2. Anàlisi dels paràmetres del circuit equivalents (CEA – T).....	22
D.1.3. Anàlisi dels paràmetres dels circuits equivalents IRII – Pressió.....	24
D.1.4. Anàlisi dels paràmetres dels circuits equivalents IRII – Temperatura – Aire.....	25
E. ALGORISME D'OPTIMITZACIÓ DEL NINTEGER	27
F. VALORACIÓ ECONÒMICA DEL PROJECTE	28
F.1. Costos de personal.....	28
F.2. Costos d'equips i programari.....	29
F.3. Costos de material d'oficina.....	30
F.4. Cost total de projecte.....	31



A. Assaigs

Les dades considerades en aquest PFC provenen d'assaigs realitzats a dos laboratoris diferents. Els primers es van realitzar al CEA (França) entre el març i l'abril de l'any 2005 mentre els segons s'han fet a l'IRII durant l'any 2007. Els assaigs que finalment s'han fet servir per a la realitzat d'aquest PFC són els presentats en els següents apartats:

A.1. Assaigs realitzats al CEA

Totes les dades estudiades obtingudes del CEA, són espectroscòpies d'impedància. Per l'època en què van ésser realitzats, lògicament l'autor d'aquest projecte no hi va ser present. Els assaigs es van dur a terme exactament amb la mateixa pila que els de l'IRII i es presenten a la Taula A.1.

CEA-EIS-Oxigen Variació de pressió							
Pressió [Bar]	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
T [°C]	60						
CEA EIS Oxigen Variació de temperatura							
T[°C]	40	50	60	70	80		
P[Bar]	1,5						
CEA-EIS Aire Variació de Pressió							
Pressió [Bar]	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
T [°C]	60						

Taula A.1 Assajos realitzats al CEA



A la Fig. A.1 podem veure les corbes de polarització de la pila per alimentació amb oxigen i amb aire al càtode i com en el primer cas el rendiment és millor.

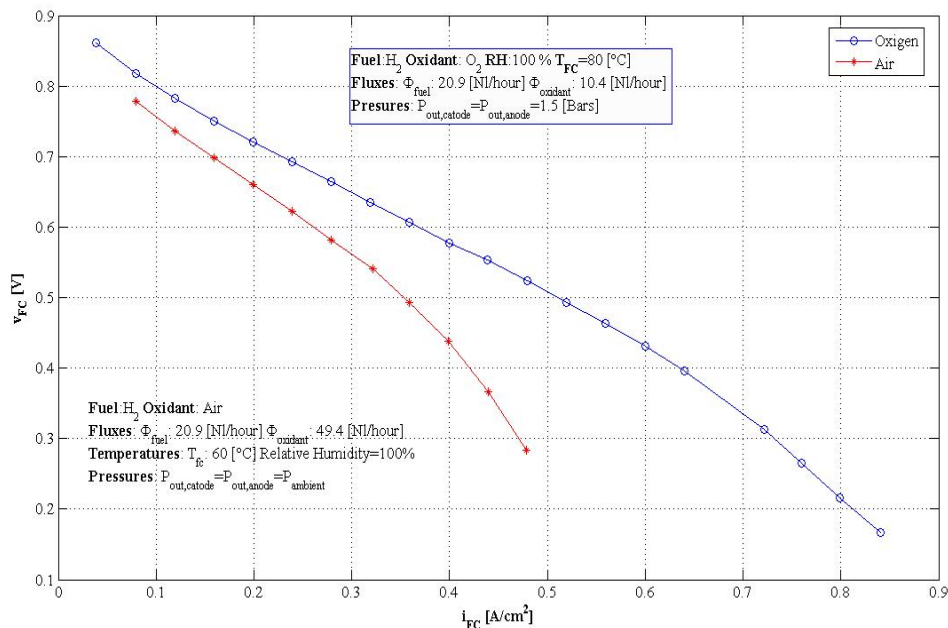


Fig. A.1 Corbes de polarització de la pila

A.2. Assaigs realitzats a l'IRII

En els assaigs de l'IRII s'han dut a terme en diversos dies durant l'any 2007, però per problemes de funcionament de la pila, que duia molt de temps sense funcionar, moltes de les dades no s'han pogut aprofitar. Al final, les primeres dades bones que s'han obtingut són a partir del 22 de maig.

El 22 de maig es van realitzar les espectroscòpies i les interrupcions de corrent amb variacions de temperatura i el 24 de maig es va realitzar el mateix tipus d'assaig però amb variacions de pressió.

Finalment el 31 de juliol es van obtenir les interrupcions de corrent parcials que no han produït uns resultats del tot satisfactoris.



A.2.1. Espectroscòpies

Les espectroscòpies amb variació de temperatura es van dur a terme el 22 de maig del 2007 amb les següents condicions mostrades a la

Condicions d'Operació del dia 22/05/2007					
	$T_{Ca, hum}$ [°C]	$T_{Ca, LH}$ [°C]	P_{Ca} [bar _a]	Φ_{cat} [slpm]	Comentaris: S'elevan les temperatures $T_{Ca, hum} = T_{FC}$, des de els 40 °C, fins els 60 °C, també s'eleva la temperatura $T_{Ca, LH}$, des de 65 °C fins a 85 °C
Càtode (Aire)	40	65	1	1.5	
	$T_{An, hum}$ [°C]	$T_{An, LH}$ [°C]	P_{An} [bar _a]	Φ_{an} [slpm]	
Ànode (H₂)	OFF	60	1	0.03	
	T_{FC} [°C]				
Pila	40				

Taula A.2 Condicions d'operació

ESPECTROSCÒPIES									
Nº	Punts	f_{min} [Hz]	f_{max} [Hz]	Cicles per freqüència	Settle [seg]	I_{FC} [A]	$D I_{FC, p-p}$ [%]	Temperatures	Pressió [Bar]
1	51	0,1	10000	5	1	1	10	$T_{FC} = T_{Cat} = 40$ [°C]	$P_{ànode} = P_{càtode} = P_{amb}$
2	51	0,1	10000	5	1	1	10	$T_{FC} = T_{Cat} = 40$ [°C]	$P_{ànode} = P_{càtode} = P_{amb}$
3	51	0,1	10000	5	1	1	10	$T_{FC} = T_{Cat} = 50$ [°C]	$P_{ànode} = P_{càtode} = P_{amb}$
4	51	0,1	10000	5	1	1	10	$T_{FC} = T_{Cat} = 50$ [°C]	$P_{ànode} = P_{càtode} = P_{amb}$



5	51	0,1	10000	5	1	1	10	$T_{FC}=T_{Cat}=50$ [°C]	$P_{\text{ànode}}=P_{\text{càtode}}=P_{\text{amb}}$
6	51	0,1	10000	5	1	1	10	$T_{FC}=T_{Cat}=60$ [°C]	$P_{\text{ànode}}=P_{\text{càtode}}=P_{\text{amb}}$
7	51	0,1	10000	5	1	1	10	$T_{FC}=T_{Cat}=60$ [°C]	$P_{\text{ànode}}=P_{\text{càtode}}=P_{\text{amb}}$

Taula A.3 Espectroscòpies del 22 de maig

Les espectroscòpies amb variació de pressió es van dur a terme el 24 de maig.

ESPECTROSCÒPIES									
Nº	Punts	f_{min} [Hz]	$f_{\text{màx}}$ [Hz]	Cicles per freqüència	Settle [seg]	I_{FC} [A]	$D I_{FC,p-p}$ [%]	Pressió [PSI]	Temperatura [°C]
1	51	0,1	10000	5	1	1	10	$P_{FC}=P_{\text{amb}}$	T= 40 °C
2	51	0,1	10000	5	1	1	5	$P_{FC}=P_{\text{amb}}$	
3	51	0,1	10000	5	1	1	10	$P_{FC}= 10$ [PSI]	
4	51	0,1	10000	5	1	1	10	$P_{FC}= 10$ [PSI]	
5	51	0,1	10000	5	1	1	10	$P_{FC}= 20$ [PSI]	
6	51	0,1	10000	5	1	1	10	$P_{FC}= 20$ [PSI]	
7	51	0,1	10000	5	1	1	10	$P_{FC}= 30$ [PSI]	

Taula A.4 Espectroscòpies del 24 de maig

S'ha de destacar que les variacions de la pressió es van fer de 10 PSI (0,689 Bar) en comptes dels 0,1 Bar de diferència que hi havia per les espectroscòpies del CEA a causa dels aparells emprats a l'IRII.



A.2.2. Interrupcions de corrent

Les interrupcions de corrent amb variació de temperatura es van dur a terme el 22 de maig del 2007 tal i com es mostra a continuació.

CI	F_{sample} [kHz]	Nº mostres	Comentaris	Temperatura [°C]
1	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	40
2	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	
3	100	2000000/4	Tren de Polsos: 0.5 [A] a 1 [A], 0.5 [Hz]	
4	100	2000000/4	Tren de Polsos: 0.5 [A] a 1 [A], 0.5 [Hz]	
5	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	50
6	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	
7	100	2000000/4	Tren de Polsos: 0.5 [A] a 1 [A], 0.5 [Hz]	
8	100	2000000/4	Tren de Polsos: 0.5 [A] a 1 [A], 0.5 [Hz]	
9	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	60
10	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	
11	100	2000000/4	Tren de Polsos: 0.5 [A] a 1 [A], 0.5 [Hz]	
12	100	2000000/4	Tren de Polsos: 0.5 [A] a 1 [A], 0.5 [Hz]	

Taula A.5 Interrupcions de corrent del 22 de maig

Les interrupcions de corrent amb variació de pressió es van dur a terme el 24 de maig del 2007 tal i com es mostra a continuació.



CI	F_{sample} [kHz]	Nº mostres	Comentaris	Pressió [PSI]
1	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	Ambient
2	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	Ambient
3	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	10
4	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	10
5	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	20
6	100	2000000/4	Fins a 0 [A]	20


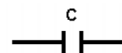
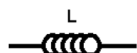

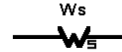
Taula A.6 Interrupcions de corrent del 22 de maig



B. Construcció del circuit complet

El primer pas i el més fonamental a l'hora d'estudiar les espectroscòpies amb el ZView és construir el circuit equivalent que es vol ajustar. És una part del mètode que, a causa de la seva extensió s'ha omès en la memòria però que cal remarcar al ser fonamental. Tot seguit es descriu l'evolució dels circuits equivalents fins a arribar al Circuit Complet, que és capaç d'ajustar perfectament qualsevol de les espectroscòpies vistes en aquest projecte, ja siguin per aire o per oxigen al càtode. L'ajust es va començar a fer per una de les corbes amb oxigen del CEA, obtingudes de variacions de pressió. El procés es basa en un constant prova i error fins a aconseguir la millor solució, i per això, és poc quelcom molt poc exacte i pràcticament impossible de calcular.

Cal recordar que els circuits equivalents es realitzen amb els elements de la Taula B.1 dos dels quals – Warburg i CPE – són no lineals. El primer s'associa als processos difusius i el segon als d'acumulació de càrrega.

Nom	Impedància	Paràmetres	Símbol
Resistència	$Z = R$	R	
Condensador	$Z = 1/j\omega C$	C	
Bobina	$Z = j\omega L$	L	
CPE (Constant Phase Element)	$Z = 1/T(j\omega)^P$	T, P	
Warburg de longitud finita	$Z = R \cdot \tanh([jT\omega]^P) / (jT\omega)^P$	R, T, P	

Taula B.1 Elements dels circuits equivalents

Un cop sabuts els elements de què es disposa cal estudiar la forma dels diagrames de Nyquist i Bode que ens mostra el ZView. Observem primer el diagrama de la fase de Bode per $P=1.3$ Bar – on ja s'han suprimit els punts conflictius tals com harmònics i irregularitats a baixes freqüències – perquè és a on es poden veure totes les dificultats que té l'ajust. Ajustar el mòdul correctament, en canvi, s'aconsegueix fàcilment.

Les característiques principals de la corba són els dos punts de desfasament màxim (en valor



absolut) i la ràpida recuperació de la fase fins a zero un cop assolits els 1000 Hz. Si observem el Nyquist es pot apreciar com el componen dos arcs que acaben en recta per a les altes freqüències (tall a l'eix real més pròxim a zero). (Fig. B.1 i Fig. B.2)

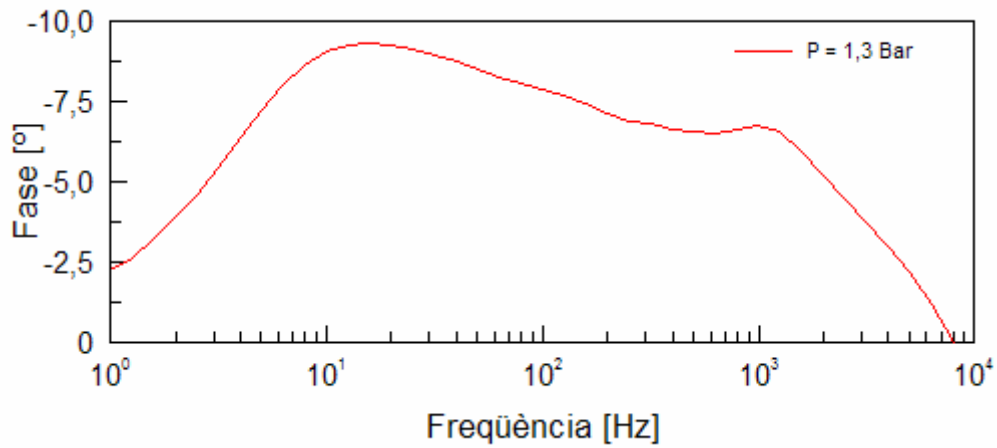


Fig. B.1 Fase de la EIS per P = 1,3 bar

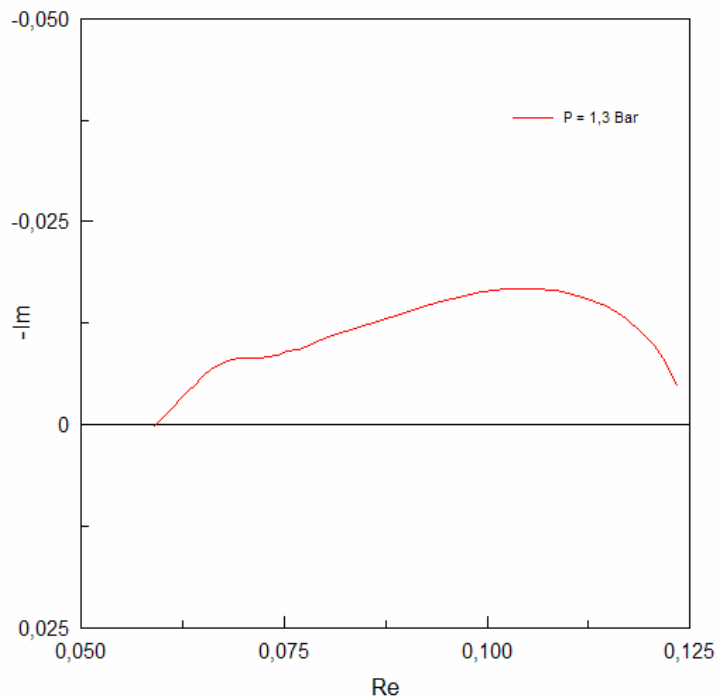


Fig. B.2 Diagrama de Nyquist per P = 1,3 bar



Com que un Warburg sol, presenta un Nyquist com el de la Fig. B.3, es proposa el circuit més simple possible amb una resistència que sigui el punt de tall a l'eix real en altes freqüències i dos Warburg que s'ajustin a cadascun dels dos semicercles deformats que formen el Nyquist (Fig. B.4).

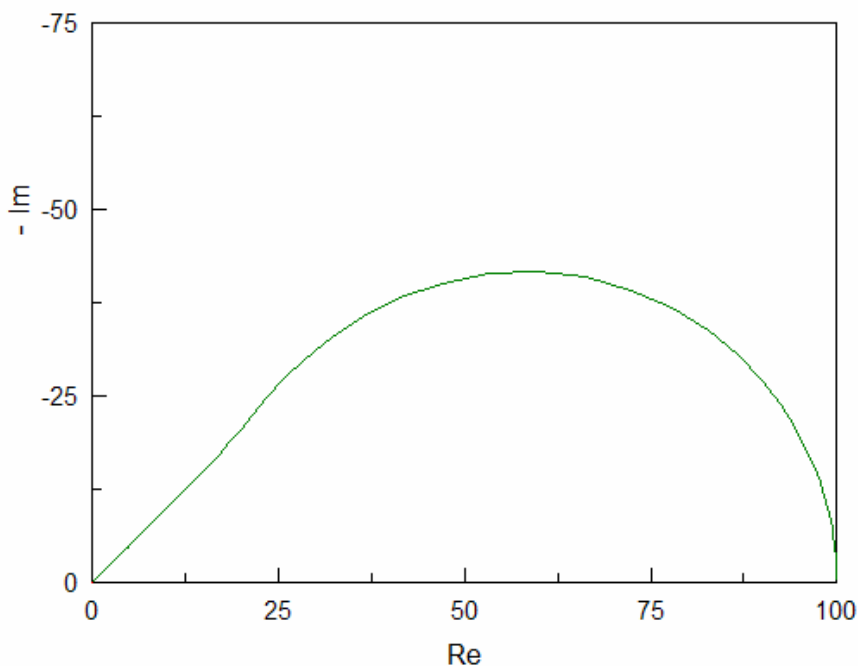


Fig. B.3 Diagrama de Nyquist per un Warburg amb $W-R=100$, $W1-T=0,1$ i $W1-P=0,5$

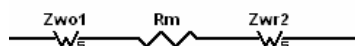


Fig. B.4 Primer circuit proposat

Els warburgs són elements que s'assimilen a la difusió d'un fluid per un medi porós. Per això és un circuit objecte d'estudi perquè els Warburgs modelitzarien la difusió dels reactius d'ànode i càtode i la resistència es consideraria la resistència de la membrana. No obstant, aquest circuit no sembla el més apropiat donat que a la millor solució a la que es pot arribar és la mostrada en la Fig. B.5.



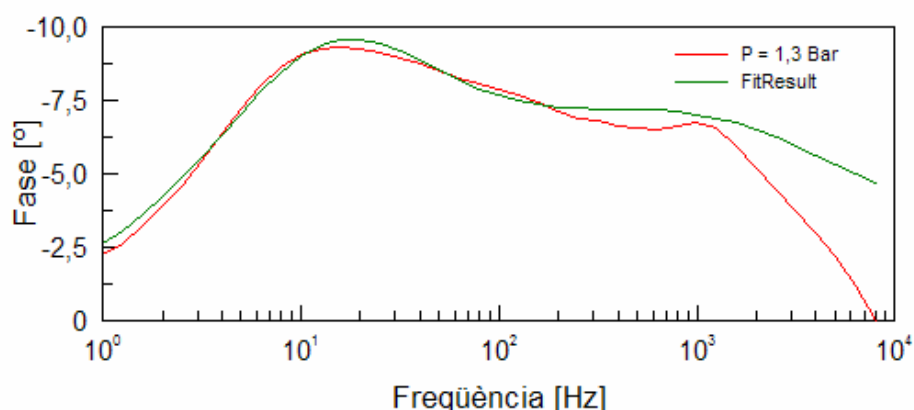


Fig. B.5 Ajust del circuit amb 2 Warburgs

Els problemes més grans es troben a alta freqüència on sembla que els Warburgs no fan créixer prou ràpidament la fase. Si es miren els valors, cadascun dels Warburgs es centra en ajustar un dels dos punts de desfament màxim, per tant, s'aconsegueixen separar els fenòmens de alta i baixa freqüència. El circuit aconsegueix aquest ajust donant per valors inicials 0,5 als CPE-P, 0,5 als W-P CPE-P i 0,1 a la resta de paràmetres. Si no s'empren aquests valors es pot arribar molt fàcilment a una solució no satisfactòria. Si, per exemple, donem per valor inicial de tots els paràmetres 1, s'obté la solució indicada a la Fig. B.6.

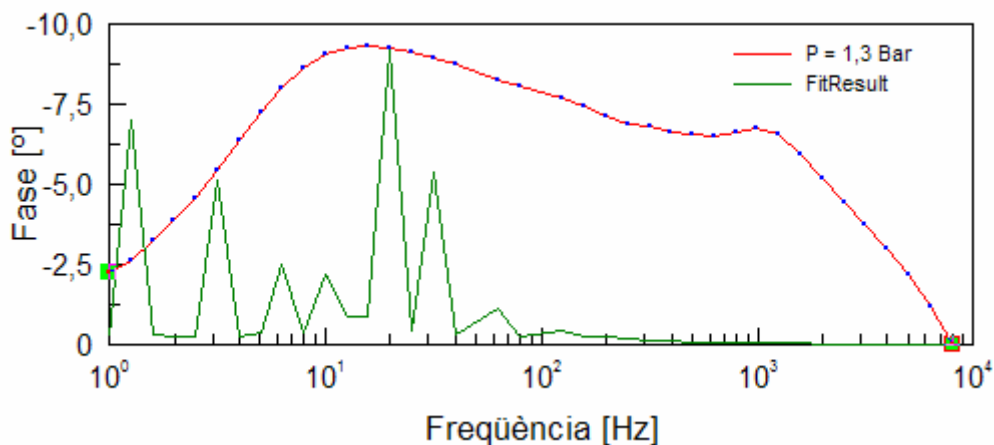


Fig. B.6 Exemple de mal ajust degut a una tria de valors inicials inadequada

S'intenten resoldre aquests problemes posant un CPE en paral·lel que produeix un corba convexa en la fase del Bode. Com que aquesta combinació segueix essent insuficient el que es vol es trobar la combinació mínima d'elements que aconsegueixi ajustar la zona de baixa freqüència. Quan es trobi aquesta combinació i els seus valors inicials s'intentarà ajustar a tot el rang de freqüències amb la suma de dos combinacions com la trobada, que permetin un bon



ajust global.

La combinació bàsica trobada és la que conté una resistència, dos Warburg i un CPE disposats d'acord amb la Fig. B.7. Trobar els valors dels paràmetres del circuit equivalent no ha estat difícil partint dels que s'havien trobat el circuit format per dos Warburgs i una resistència (Fig. B.4). Els dos quadrats verds delimiten la zona de baixa freqüència en la que es fa l'ajust (1Hz a 13Hz). Com es pot veure, s'obté una gran precisió en l'ajust.

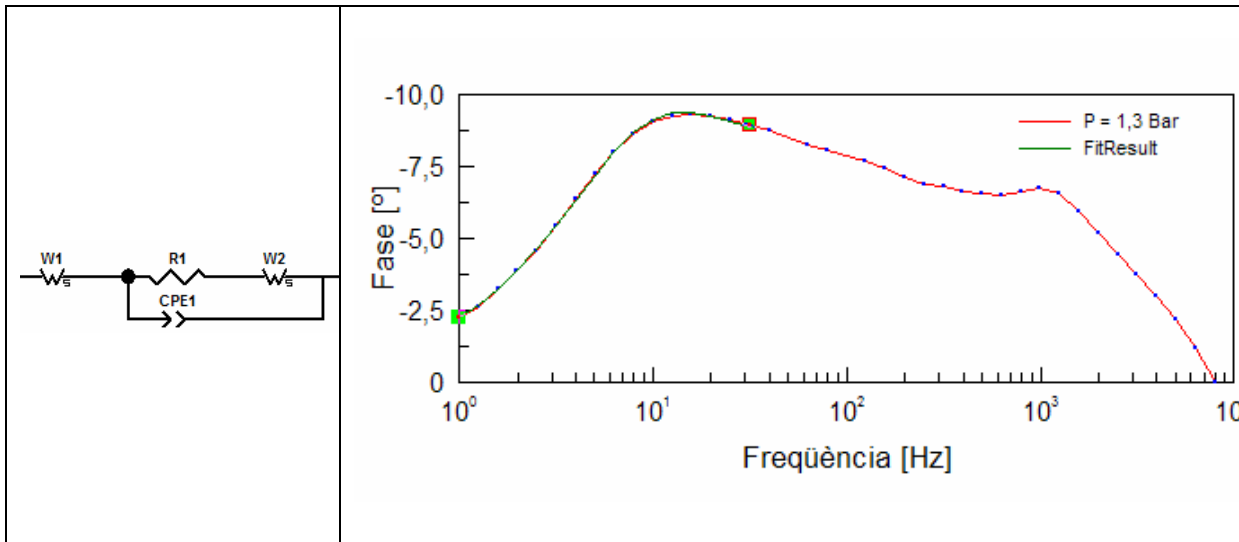


Fig. B.7 Ajust només a baixes freqüències

Se suma aquesta combinació suprimint els dos Warburgs que anirien en sèrie perquè suposem que amb quatre Warburgs al circuit seria molt complex d'analitzar.

En ajuntar-los trobem que la fase a altes freqüències no augmenta prou ràpidament a altes freqüències. Per això es decideix aportar una inductància – obtenint així el Circuit Complet (Fig. B.8) –, perquè no aporta part real però sí part imaginària constant positiva. Amb la inductància es millora la qualitat de l'ajust però encara no es té la qualitat que es veu en els capítols corresponents de la memòria del treball. Per això, s'intenta refinar l'ajust fent canvis petits en alguns paràmetres i veient què és el que canvia de l'ajust fins a ajustar molt millor la corba de dades reals.

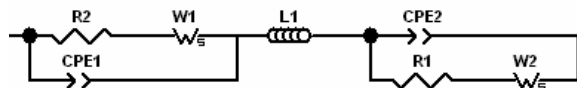


Fig. B.8 Circuit Complet



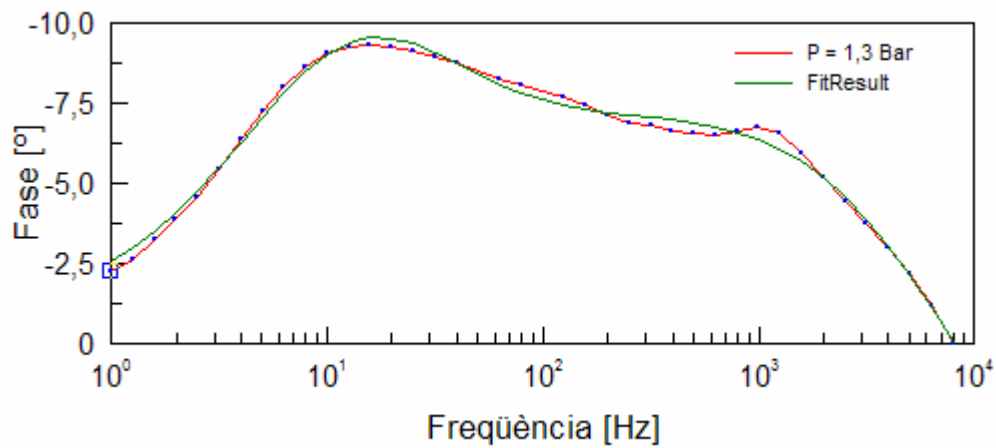


Fig. B.9 Ajust amb el Circui Complet sense refinar

Després de moltíssimes proves s'arriba a obtenir els valors inicials que permeten ajustar el circuit complet a qualsevol de les dades obtingudes (Fig. B.10). Pot saltar de dades de pressió a dades de temperatura sense cap mena de problema. En aquest circuit, només que el valor inicial d'un dels paràmetres no sigui l'adequat, l'ajust passa a ser molt més dolent (Fig. B. 11).

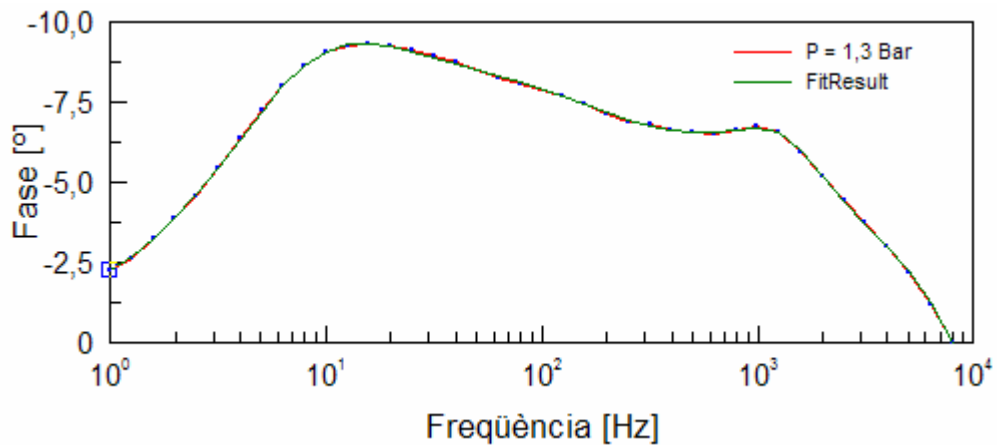


Fig. B.10 Ajust del Circuit Complet amb els valors inicials òptims



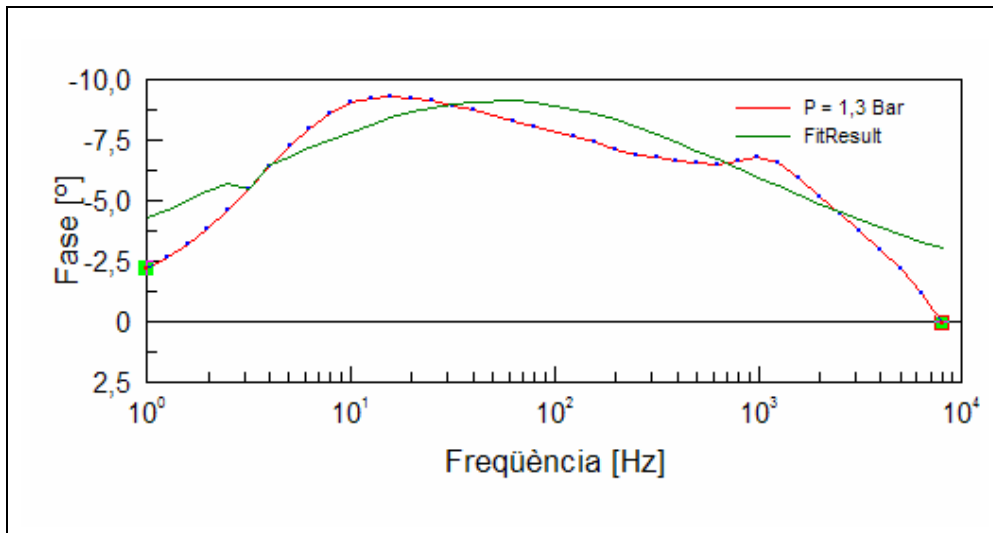
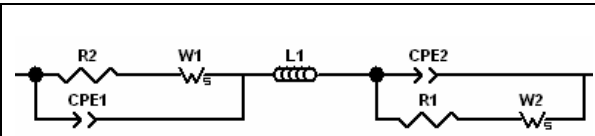


Fig. B.11 Ajust del Circuit Complet amb uns valors inicials inadequats



Els valors inicials trobats són els següents (Taula B.2):



Paràmetre	Valor Inicial
R2	0,080932
W1-R	0,039253
W1-T	0,013691
W1-P	0,32936
CPE1-T	0,00073087
CPE1-P	0,75869
L1	2,8087E-7
CPE2-T	0,00031173
CPE2-P	1,501
R1	0,0039164
W2-R	0,02119
W2-T	0,033775
W2-P	0,51052

Taula B.2 Valors inicials trobats pel Circuit Complet

Els valors de Taula B.2 són els primers que van aconseguir optimitzar l'ajust amb el Circuit Complet. No obstant, també poden servir de valors inicials qualsevol dels valors obtinguts per aquest circuit quan s'ajusta alguna de les EIS analitzades en aquest PFC, ja siguin amb aire o oxigen.



C. Selecció del Mode d'Ajust del ZView

El ZView permet triar el mode en què s'ajusta un circuit equivalent proposat, a les corbes experimentals subministrades. No obstant, la informació que aporta els realitzadors d'aquesta aplicació és molt limitada i no permet saber quines característiques té cada mode d'ajust i quin és el més indicat per ajustar les dades que s'estudien en aquest PFC.

Els modes d'ajust que es poden triar són:

- Unit Weighting
- Data- Proportional
- Data- Proportional
- Data-Special
- Calc-Proportional
- Calc- Modulus
- Calc-Special

A banda del mode d'ajust, el programa calcula dos paràmetres que volen donar una mesura de l'error comès en ajustar un circuit equivalent determinat (el *Sum of Square* i *Chi Squared*). Però el mètode de càlcul d'aquests dos paràmetres canvia amb el mode d'ajust i, per tant, no serveix com a element per a valorar cada mètode. Per això, en aquest capítol es realitza el càlcul d'un paràmetre de l'error que sigui el mateix per a tots els modes d'ajust i així poder comparar i triar-ne el més adequat.

La manera de procedir és la següent: per un punt de treball en pressió del qual tinguem les dades de l'espectroscòpia i per un tipus de circuit, aquest s'ajustarà amb tot el ventall de modes d'ajust que ofereix el Z-View. Per a cada mode es calcularà la següent mesura de l'error:

$$\varepsilon = \sum (Re_{Experimental} - Re_{Ajust})^2 + (Im_{Experimental} - Im_{Ajust})^2 \quad (Eq. C.1)$$

El punt de treball serà a P = 1.4 Bar per les corbes amb oxigen del CEA i el circuit equivalent és el representat a la Fig. C.1. Els ajustaments es faran amb tots els paràmetres lliures.



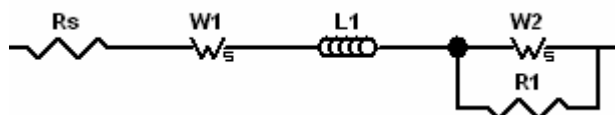


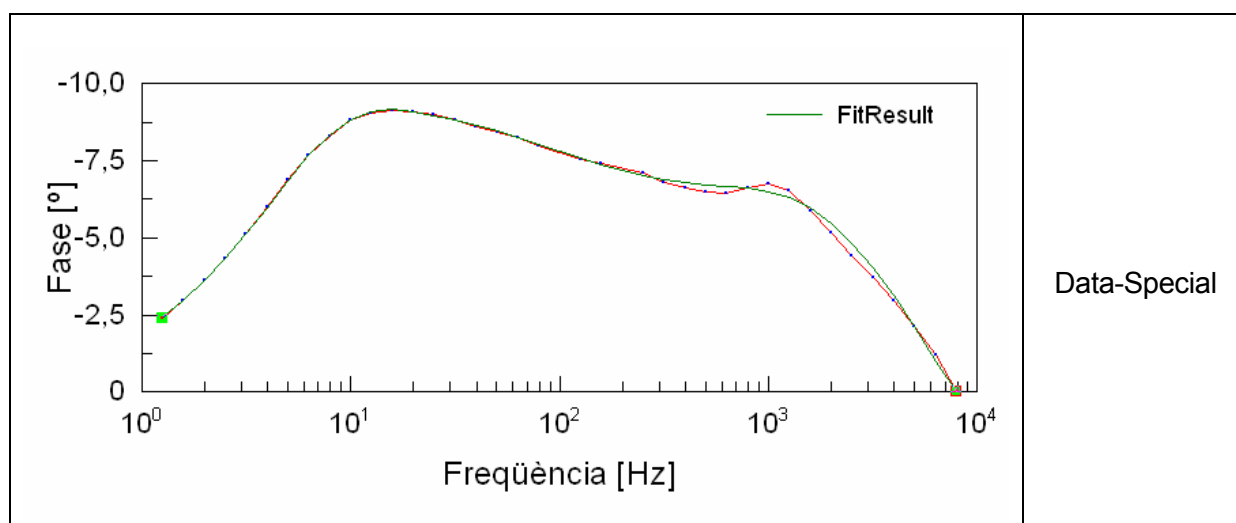
Fig. C.1 Circuit equivalent per l'ajust amb diferents modes

Si procedim tal com s'ha descrit es verifica que ajustant un mateix circuit a una corba, variant tan sols el mode d'ajust, els paràmetres que ofereix el ZView varien en diversos ordres de magnitud que no es correspon a la diferència real de la qualitat de l'ajust, i, per tant, no són un bon indicador per a comparar modes (Taula C.1).

	Unit Weighting	Data-Proportional	Data-Modulus	Data-Special	Calc-Proportional	Calc-Modulus	Calc-Special
Chi-Squared	4,6293e-8	3,35e-4	1,07e-5	2,78	3,44e-4	1,14e-4	8,60e-5
Sum of Sqr	3e-6	5,59e-3	6,98e-4	180,62	2,24e-2	7,41e-3	5,59e-3

Taula C.1 Paràmetres segons el mode d'ajust

El mètode Data-Special destaca per l'elevada xifra tant de Chi-Squared com de la Suma de quadrats. Tanmateix, visualment no es pot veure de forma clara que la diferència de la qualitat de l'ajust amb aquest mètode sigui molt més dolent que amb els altres. A la Fig. C.2 es veu clarament com una diferència tan gran en els paràmetres calculats no es tradueix en una gran diferència en l'ajust.



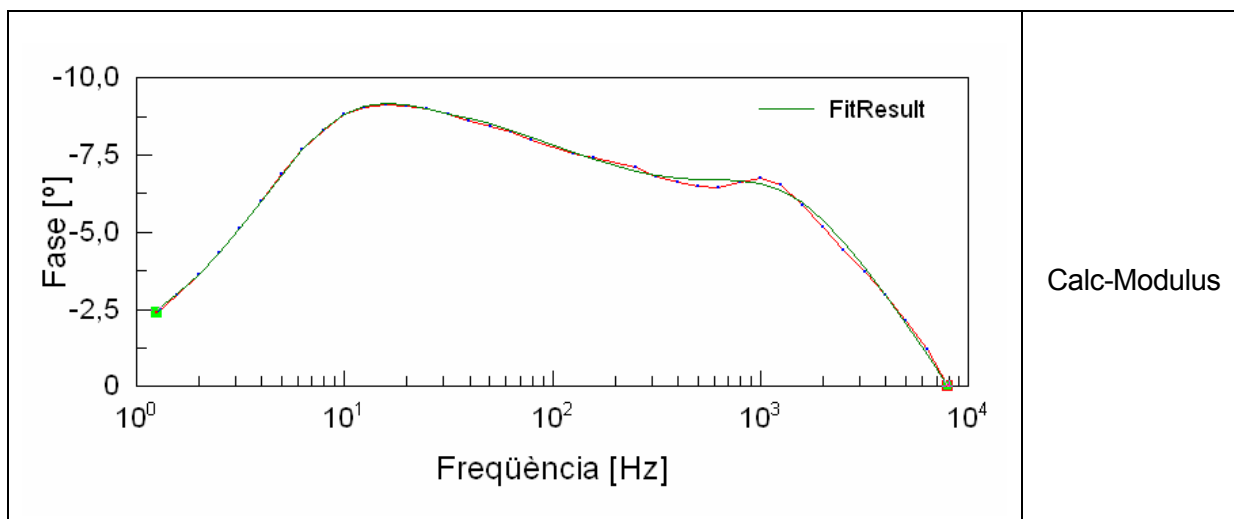
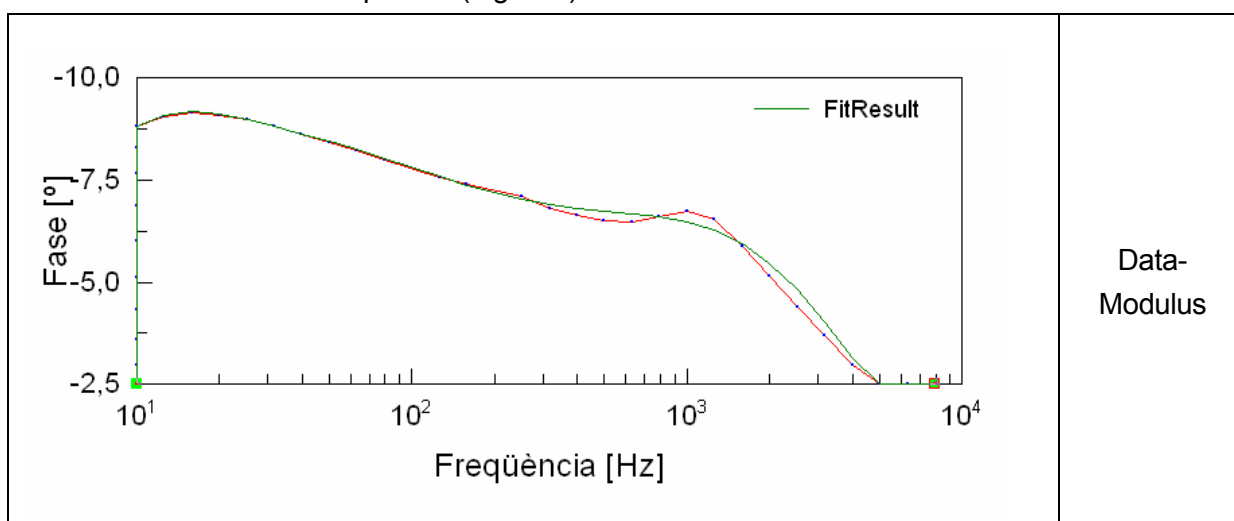


Fig. C.2 Comparació de l'ajust amb 2 modes diferents

Calculant el paràmetre d'error nou, s'obté que:

	Unit Weighting	Data-Proportional	Data-Modulus	Data-Special	Calc-Proportional	Calc-Modulus	Calc-Special
ϵ	3,2195E-06	3,9735E-06	3,1147E-06	3,1398E-06	3,8212E-06	2,965E-06	3,1871E-06

El Calc-Modulus és el que té un error més petit. Si el comparem amb el segon amb error més petit (Data-Modulus) hom pot observar com amb el mode Calc-Modulus ajusta molt millor el màxim de la fase a alta freqüència (Fig. C.3)



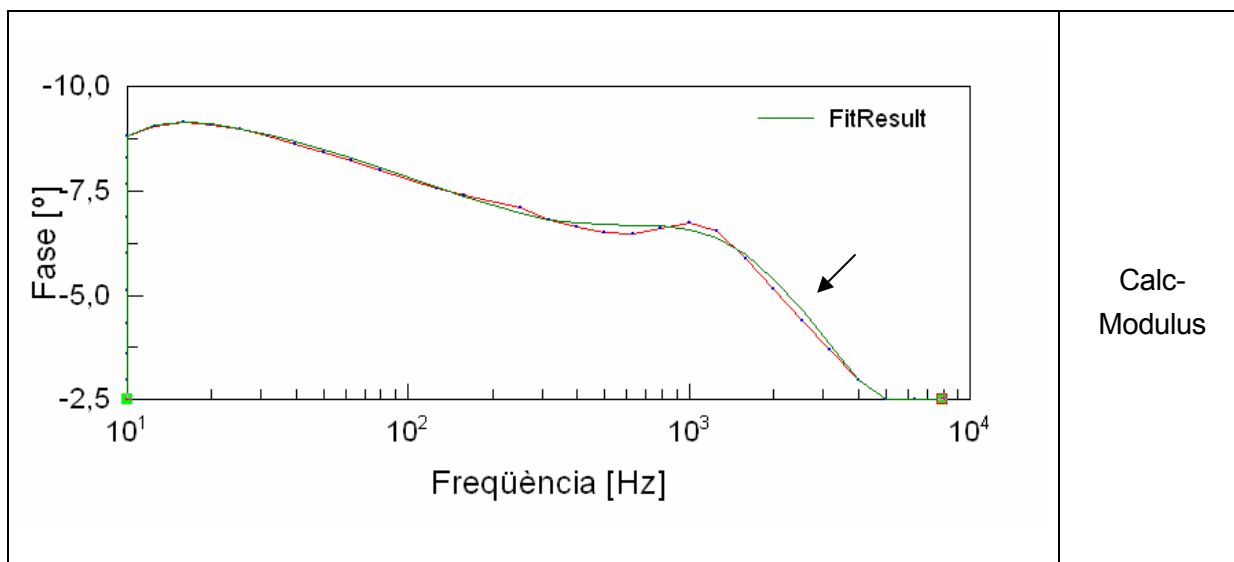


Fig. C.3 Comparativa visual de la superioritat en l'ajust del mode Calc-Modulus

Per tant, tots els ajustos realitzats amb ZView per a aquest PFC estan fets amb el mode d'ajust Calc- Modulus.



D. Taules i tendències

En aquest apartat s'afegeixen les taules de valor i les línies de tendència que manquen en els diversos apartats del capítol 6 de la memòria del projecte.

D.1. Dades amb oxigen

D.1.1. Anàlisi dels paràmetres dels circuits equivalents CEA – Pressió

Circuit Complet

Paràmetre	Punt 0	Punt 1	Punt 2	Punt 3	Punt 4	Punt 5
	(P=1.0 Bar)	(P=1.1 Bar)	(P=1.2 Bar)	(P=1.3 Bar)	(P=1.4 Bar)	(P=1.5 Bar)
R2	0,06348267					
W1-R	0,03056283					
W1-T	0,01426417					
W1-P	0,32822667					
CPE1-T	0,00213158					
CPE1-P	0,66602					
L1	2,1177E-07					
CPE2-T	0,000181					
CPE2-P	1,599					
R1	0,00156167					
W2-R	0,03583	0,034372	0,031336	0,029472	0,027769	0,0259
W2-T	0,063925	0,060266	0,055469	0,050727	0,04731	0,044685
W2-P	0,47698167					



Circuit Warburgs

CIRCUIT WARBURGS (Paràmetres fixos)						
Paràmetre	Punt 0 (P=1.0 Bar)	Punt 1 (P=1.1 Bar)	Punt 2 (P=1.2 Bar)	Punt 3 (P=1.3 Bar)	Punt 4 (P=1.4 Bar)	Punt 5 (P=1.5 Bar)
Rs	0,0559365					
W1-R	0,00942865					
W1-T	0,00030622					
W1-P	0,50099	0,49275	0,48711	0,4748	0,46813	0,47643
L1	7,9023E-08					
W2-R	0,18248333					
W2-T	0,13696	0,13138	0,12855	0,12015	0,11643	0,11873
W2-P	0,461245					
R1	0,1012	0,097933	0,091586	0,087766	0,084266	0,080123

Taula D.1 Valors dels paràmetres del Circuit Complet

Circuit Warburgs & CPE

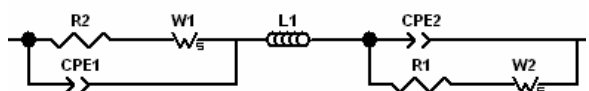
CIRCUIT WARBURG & CPE (paràmetres fixos)						
Paràmetre	Punt 0 (P=1.0 Bar)	Punt 1 (P=1.1 Bar)	Punt 2 (P=1.2 Bar)	Punt 3 (P=1.3 Bar)	Punt 4 (P=1.4 Bar)	Punt 5 (P=1.5 Bar)
Rs	0,056593					
CPE2-T	0,05474517					
CPE2-P	0,82081					



R1	0,010485					
R2	0,10469	0,10102	0,093965	0,089692	0,085879	0,081331
W1-R	0,16092833					
W1-T	0,12514	0,11993	0,11843	0,11037	0,10758	0,11045
W1-P	0,45971					
L1	8,9836E-8					

Taula D.2 Valors dels paràmetres del Circuit Warburg & CPE

D.1.2. Anàlisi dels paràmetres del circuit equivalents (CEA – T)

CIRCUIT COMPLET					
	Paràmetre	Punt 0 (T=313 K)	Punt 1 (T=323 K)	Punt 2 (T=333 K)	Punt 3 (T=343 K)
R2	0,08515	0,081996	0,076556	0,075665	0,081996
W1-R	0,037233	0,030263	0,030512	0,02907	0,030262
W1-T	0,010816	0,0087355	0,0090304	0,0091304	0,0087353
W1-P	0,31805	0,34525	0,34885	0,34778	0,34525
CPE1-T	0,0021978	0,0019161	0,0012438	0,0014473	0,0019161
CPE1-P	0,66702	0,68176	0,72192	0,70652	0,68176
L1	2,7937E-7	2,6981E-7	2,653E-7	2,5397E-7	2,6981E-7
CPE2-T	0,00021914	0,00029116	0,00036228	0,00030218	0,00029116
CPE2-P	1,529	1,493	1,479	1,508	1,493
R1	0,0041719	0,0041122	0,003743	0,0032175	0,0041122
W2-R	0,02825	0,029071	0,02581	0,025073	0,029072
W2-T	0,04636	0,040082	0,036637	0,034302	0,040082
W2-P	0,48939	0,48186	0,48959	0,48756	0,48186

Taula D.3 Valors dels paràmetres del Circuit Complet





D.1.3. Anàlisi dels paràmetres dels circuits equivalents IRII – Pressió

Circuit Reduït 1

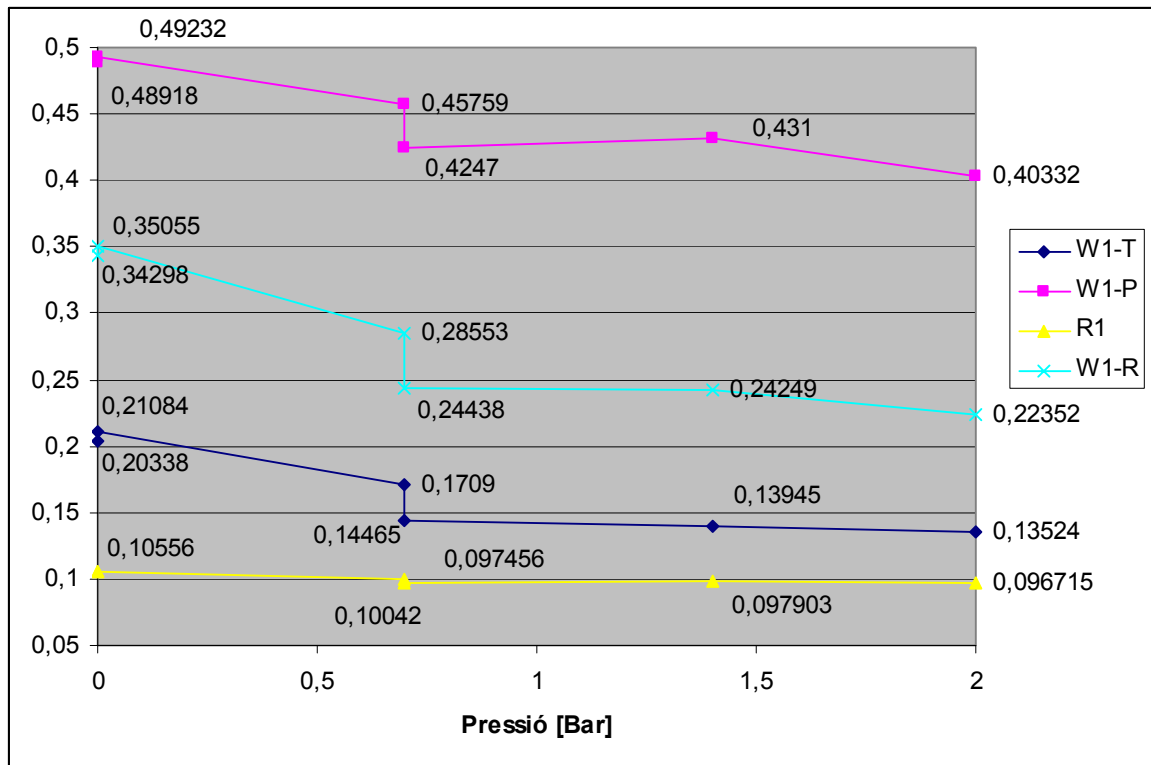


Fig. D.1 Tendències Circuit Reduït 1



Circuit Reduït 2

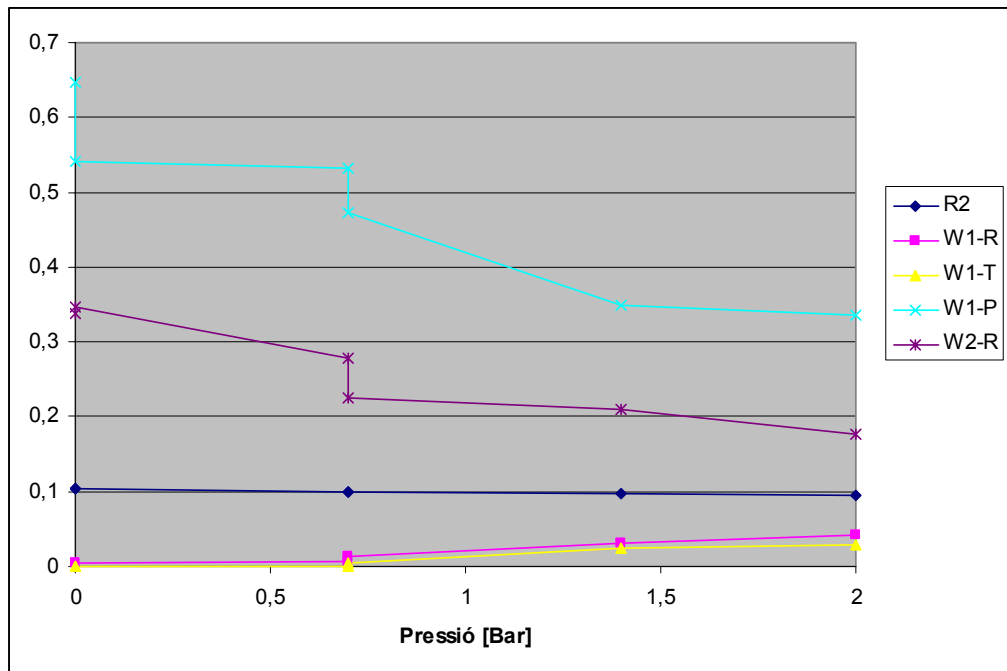


Fig. D.2 Tendències Circuit Reduït 2

D.1.4. Anàlisi dels paràmetres dels circuits equivalents IRII – Temperatura – Aire

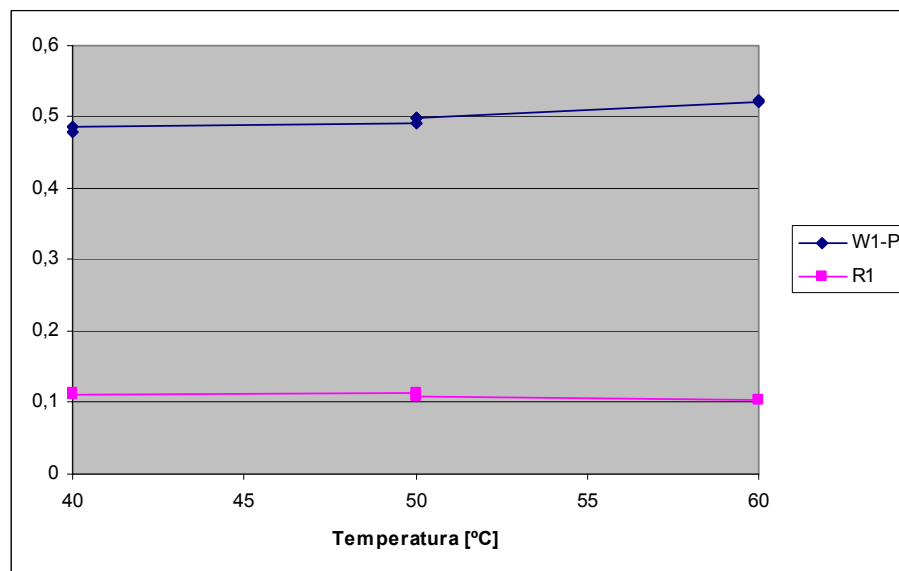


Fig. D.3 Tendències Circuit Reduït 2





E. Algorisme d'optimització del Ninteger

En el capítol 8 de la memòria del PFC es calculen un seguit d'impedàncies equivalents mitjançant la funció *Sanko* del Ninteger. En aquest annex es vol mostrar quin és l'algorisme emprat per aquesta funció a l'hora de trobar una impedància equivalent.

El model que busca la funció *Sanko* per uns valors donats de m , n i Q és:

$$G(s) = \frac{b_m s^{mQ} + b_{m-1} s^{(m-1)Q} + \dots + b_2 s^{2Q} + b_1 s^Q + b_0}{a_n s^{nQ} + a_{n-1} s^{(n-1)Q} + \dots + a_2 s^{2Q} + a_1 s^Q + 1} \quad (\text{Eq. E.1})$$

Els paràmetres d'aquest model els troba minimitzant la norma:

$$E' = wG(j\omega) \left[a_n (j\omega)^{nQ} + \dots + a_1 (j\omega)^Q + 1 \right] + \left[b_m (j\omega)^{mQ} + \dots + b_1 (j\omega)^Q + b_0 \right] \quad (\text{Eq. E.2})$$

Els pesos w depenen de la freqüència i de la iteració.

Si les freqüències de mostreig són ω_i , $i = 1, \dots, f$, aleshores

$$w = \begin{cases} 1 & \text{si } L = 1 \\ |D_{L-1}(\omega_i)|^2 & \text{si } L > 1 \end{cases}$$

on L és el nombre d'iteració o $D_{L-1}(\omega_i)$ és el denominador trobat en la iteració prèvia avaluat a la freqüència ω_i .



F. Valoració econòmica del projecte

Al ser un projecte que no pretén la fabricació ni implantació de cap producte, en aquest apartat es consideren els costos de realització d'aquest projecte.

Els costos es divideixen en tres categories:

- Costos de personal
- Costos d'equips i programari
- Costos de material d'oficina

F.1. Costos de personal

Aquests costos estan associats al personal que ha realitzat i col·laborat en fer aquest projecte.

Es divideix en tres tipus de tasques realitzades pel personal. En primer lloc hi trobem les tasques d'enginyeria, que són les que pròpiament realitzaria un enginyer com ara l'estudi i desenvolupament del projecte.

Per altra banda hi hauria les tasques associades a la documentació, redacció i edició de la memòria, que s'associen a un redactor que no necessita tanta qualificació com l'enginyer i que té un cost més baix.

Les hores invertides en aquest projecte són les disponibles durant 10 mesos a mitja jornada. Per tant:

$$10mesos \cdot \frac{20dies}{1mes} \cdot \frac{4hores}{1dia} \cdot 1persona = 800hores$$

Es considera que el 80% de les hores són d'enginyer i el 20% restant de redacció.

Així doncs, es poden calcular els costos de personal amb els següents costos horaris:



Tipus Recurs	Cost horari [€/h]	Dedicació [h]	Cost [€]
Enginyer	50	640	32.000
Redactor	12	160	1.920
Total		800	33.920

Taula F.1 Costos de personal

F.2. Costos d'equips i programari

En aquest apartat es tenen en compte els costos d'amortització dels equips informàtics i del programari emprats en la realització d'aquest PFC.

Ordinadors personals:

- PC Packard Bell de sobretaula amb processador Intel Pentium IV® 3,06 GHz valorat en 1200€
- PC portàtil Acer amb processador Intel Core Duo 1,66 GHz valorat en 1000€

Impressora:

- Hewlett Packard 695c valorada en 100€

Programari:

- Sistema operatiu Windows XP
- Pack Microsoft Office XP
- Programa MATLAB 7.0
- Programa Electrochemistry ZView
- Programa Adobe Acrobat 7.0 Professional

El cost d'aquest conjunt de programari amb les seves corresponents llicències es valora en 3800€.

Per calcular les amortitzacions d'aquests equips s'utilitza el mètode d'amortització lineal. Es considera que el període d'amortització de tots ells és de 4 anys d'acord amb el Pla General Comptable (PGC). Per tant, cada any s'amortitza un 25% del seu valor.



Actiu	Descripció	Cost	Vida útil	Amortització anual
Equips informàtics	PC sobretaula	1.200	4	300
	PC portàtil	1.000	4	250
	Impressora	100	4	25
	Windows XP	300	4	75
	Office XP	600	4	150
	Matlab 7.0	2.000	4	500
	ZView	300	4	75
Programari	Adobe Acrobat	600	4	150
Total		6.100		1.525

F.3. Costos de material d'oficina

En aquest apartat es consideren les despeses realitzades durant l'elaboració del en concepte de material d'oficina com poden ser el paper, els cartutxos d'impressora, enquadernacions, etc. Aquestes costos es valoren en 80€.



F.4. Cost total de projecte

El cost total de projecte serà la suma dels costos prèviament exposats:

Cost personal	33.220
Cost equips i programari	1525
Cost oficina	80
Total [€]	34825

