

EXAMEN FINAL (SUJET) - 2025
CONCEPTION & DIMENSIONNEMENT
DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES INDUSTRIELLES
ER40 – Module Haute tension

Durée : 2 heures

RECOMMANDATIONS GENERALES

Vérifier que le sujet comporte 15 pages.

L'épreuve est à traiter obligatoirement sur ce sujet, aux endroits prévus à cet effet.

Le candidat utilisera les notations propres au sujet, présentera clairement ses calculs et encadrera les résultats attendus.

Le passage d'une forme littérale à son application numérique se fait dans le respect de la position de chaque grandeur exprimée. Le résultat numérique est donné avec son unité.

Le(s) correcteur(s) apprécie(nt) une copie soignée et rédigée lisiblement.

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses documents annexes, conduit le candidat à formuler une ou plusieurs hypothèses, il lui est demandé de la (ou les) mentionner explicitement dans sa copie.

Notation : Epreuve évaluée sur un total de 20 points.

Coefficient de l'épreuve finale : 2

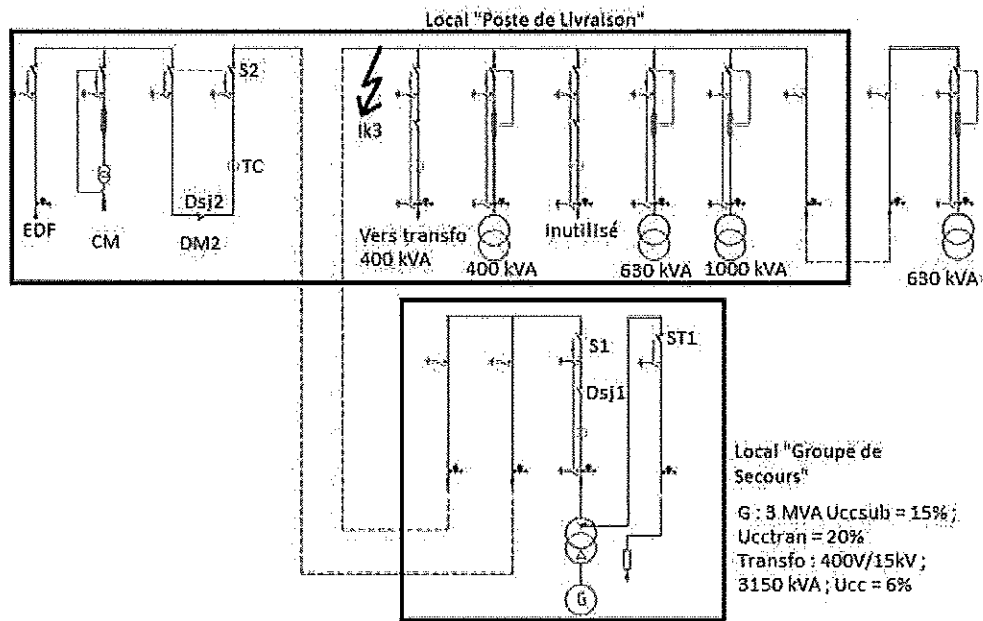
Matériel autorisé : Calculatrice de poche alphanumérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante. **UTILISATION DU TELEPHONE PORTABLE INTERDITE.**

PRENOM : _____

NOM : _____

SIGNATURE :

Le schéma ci-dessous servira de base à ce sujet. Il s'agit de l'alimentation en énergie électrique d'une usine située en milieu rural.



1^{ère} partie

1/ Quel est le type d'architecture du réseau de distribution publique ?

2/ Justifiez votre réponse.

3/ Quelle norme est applicable au niveau du poste de livraison ?

4/ Quelle est celle qui a été utilisée lors de l'étude électrique 15kV du site ?

5/ Quel type de comptage a été mis en place ? Pour quelle(s) raison(s) ?

- Type de comptage :

- Justification :

6/ Quelle solution a été adoptée en cas de perte du réseau de distribution publique ?

7/ Le réseau de distribution publique d'électricité utilise une tension de 15kV. De quelle catégorie de tension s'agit-il ?

8/ En cas de perte du réseau de distribution publique, quelles sont les manœuvres à effectuer afin secourir l'installation électrique du site ? Il faudra penser à s'isoler du réseau mais l'accès à la cellule d'arrivée est condamné par le gestionnaire du réseau. (Indiquer uniquement les appareillages à manœuvrer)

2^{ème} partie

En admettant que le groupe de secours et le réseau puissent alimenter simultanément l'installation, on demande de calculer la valeur du courant de court-circuit repéré I_{k3} sur le schéma.

La puissance électrique totale installée sur le site est égale à la somme des puissances des transformateurs.

Nous utiliserons la méthode du cumul des I_{k3} après avoir calculé les différentes impédances.

La puissance de court-circuit du réseau est de 2500 MVA.

Le groupe de secours a une puissance de 3 MVA avec un $U_{ccsub} = 15\%$ et un $U_{cctrans} = 20\%$.

Le transformateur en sortie du groupe de secours a une puissance de 3150 kVA. Son primaire est alimenté par une tension de 400V, son secondaire fournit une tension de 15kV. Son U_{cc} est de 6%.

La distance entre le local du groupe de secours et le poste de livraison est de 50 mètres. La résistivité des câbles Al-PR est de $33 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ et la réactance de $0,12 \Omega/\text{Km}$. Ils seront enterrés dans un terrain dit « normal ». La température du sol sera de 15° et ils seront alimentés en régime permanent. On utilisera des câbles unipolaires.

1/ Calculez la section des câbles (la vérification de la tenue thermique sera traitée en question 11).

S =

2/ Calculez l'impédance du réseau amont vue du Ik3.

$$Z_r =$$

3/ Calculez l'impédance du transformateur en sortie du groupe secours vue du Ik3.

$$Z_t =$$

4/ calculez les impédances du groupe de secours en régime transitoire puis subtransitoire vues du IK3.

$$Z_{gs}' =$$

$$Z_{gs}'' =$$

6/ Calculez l'impédance des câbles qui vont du poste de livraison au Ik3 (100 mètres).

$$Z_{ll} =$$

7/ Calculez l'impédance des câbles qui vont du poste « Groupe de secours » au Ik3 (50 mètres).

$$Z_{lg} =$$

8/ Calculez l'Ik3 venant du réseau au point repéré Ik3.

$$I_{k3} =$$

9/ Calculez l'Ik3 venant du groupe de secours au point repéré Ik3 en transitoire puis en subtransitoire.

$$I_{k3tran} =$$

$$I_{k3sub} =$$

10/ Calculez l' I_{k3} total au point repéré I_{k3} en transitoire puis en subtransitoire.

$$I_{k3tot.trans} =$$

$$I_{k3tot.sub} =$$

11/ A quelle valeur faudrait-il régler la temporisation de la protection au point I_{k3} afin de valider le choix de la section de câble ? (coefficient de tenue thermique des câbles en annexe)

$$t =$$

12/ Si l'on devait installer un disjoncteur au point Ik3, quelle serait la valeur de son pouvoir de coupure :

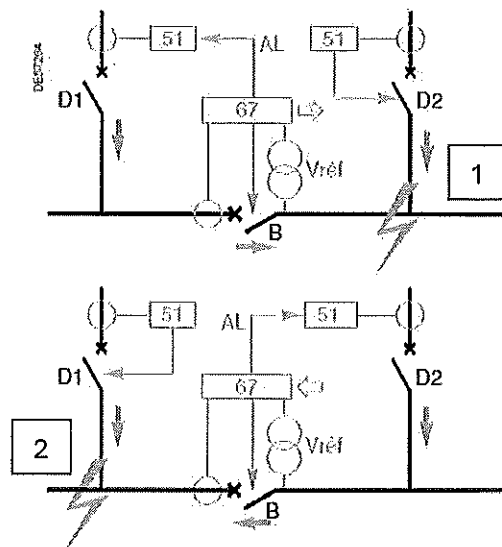
$P_{dc} =$

13/ Quelle serait la valeur de son pouvoir de fermeture :

$P_{df} =$

14/ L'énergie électrique de l'usine provient d'un poste source. Qu'appelle-t-on « poste source » ?

Partie 3 :



Quel (s) disjoncteur (s) protégera (ont) l'installation en cas de court-circuit repéré « 1 » ?

Quel (s) disjoncteur (s) protégera (ont) l'installation en cas de court-circuit repéré « 2 » ?

Comment s'appelle ce type de protection ?

Quel en est le principe ?

ANNEXE

Réseau amont : $Z_{cc} = \frac{U_n^2}{S_{cc}}$; machine tournante : $Z = \frac{U_n^2}{S_n} U_{cc}(\%)$

Transformateur :

$$Z = \frac{U_n^2}{S_n} U_{cc}(\%) ; S = U.I.\sqrt{3}$$

$$P_{Icc} = 3.Rs.I_{2cc}^2 ; Z_s = m.V_{Icc}.I_{2cc} ; \Delta V_2 = Rs.I_2.\cos\varphi_2 + Xs.I_2.\sin\varphi_2 ; Rs = r_2 + m^2.r_1$$

Rappel :

Coefficient de 2,5 entre court-circuit symétrique et asymétrique.

On ajoute 10% de tension pour le calcul de dimensionnement des disjoncteurs.

Tenue d'un câble aux courants de court-circuit : $S = \frac{I_{cc}}{k} \cdot \sqrt{t}$

Coefficient de tenue thermique des câbles :

k	PVC	PR	Nu
Cu	115	135	160
Alu	74	87	104

FACTEURS DE CORRECTION

K1 (mode de pose) :

Mode de pose	colonne	coefficient
S régime permanent	1	1
S régime discontinu	2	1
F, G, J	3	1
A, B, H, L3, N, P	3	0,9
L1, L4, L5	3	0,8

Colonne : pour choix section

K2 dans le sol (température) :

TEMPÉRATURE DU SOL (°C)	NATURE DE L'ISOLANT		
	PVC PE	PI EPR	PAPIER IMPRÉGNÉ
0	1,18	1,13	1,20
5	1,14	1,10	1,15
10	1,10	1,07	1,11
15	1,05	1,04	1,05
20	1,00	1,00	1,00
25	0,95	0,96	0,91
30	0,89	0,93	0,82
35	0,84	0,89	0,71
40	0,77	0,85	0,68
45	0,71	0,80	—
50	0,63	0,76	—
60	0,45	0,65	—
65	—	0,60	—
70	—	0,63	—
76	—	0,48	—
80	—	0,38	—

K2 dans l'air (température) :

TEMPÉRATURE AMBIANTE °C	NATURE DE L'ISOLANT		
	PVC PE	PI EPR	PAPIER IMPRÉGNÉ
10	1,22	1,15	1,25
15	1,17	1,12	1,20
20	1,12	1,08	1,13
25	1,06	1,04	1,07
30	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,92
40	0,87	0,91	0,85
45	0,79	0,87	0,75
50	0,71	0,82	0,65
55	0,61	0,76	0,53

K3 (nature du terrain) :

RÉSISTIVITÉ DU SOL (K.m/W)	HUMIDITÉ	NATURE DU TERRAIN			ENSEMBLE DE TROIS CABLES UNIPOLAIRES	CABLES TRIPOLAIRES
0,5	Terrain très humide	Sable			1,25	1,20
0,7	Terrain humide				1,14	1,10
0,85	Terrain dit normal		Argile et Calcaire		1,08	1,05
1	Terrain sec				1,00	1,00
1,2	Terrain très sec			Cendres et Mâchefer	0,93	0,95
1,5				0,85	0,88	
2				0,75	0,79	
2,5				0,68	0,72	
3				0,62	0,68	

K4 câbles enterrés (proximité) :

NOMBRE DE CIRCUITS	DISTANCE ENTRE CABLES = a * (*)				
	NULLE (CABLES JOINTIFS)	UN DIAMÈTRE DE CABLE	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

K4 câbles dans l'air (proximité) :

MODES DE POSE	DISPOSITION	NOMBRE DE CIRCUITS OU DE CABLES MULTICONDUCTEURS				
		2	3	4	6	> 9
F	Sur tablettes horizontales non perforées	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70
G	Sur tablettes horizontales perforées ou sur corbeaux	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
—	Sur tablettes ou plans verticaux	0,80	0,75	0,70	0,70	0,65

Mode de pose :

A Conduits en montage apparent		L3 Pose directe dans caniveaux ouverts ou ventilés		S3 Enterré dans des fourreaux	
B Conduits en montage encastré		L4 Pose directe dans caniveaux fermés		S4 Câbles posés en tête sur caniveau préfabriqué, enterrés directement dans le sol avec éventuellement apport de remblai contrôlé.	
F Pose sur chemins de câbles ou râblées		L5 Pose directe dans des caniveaux remplis de sable		S5 Câbles unipolaires posés en caniveaux individuels, enterrés directement dans le sol avec éventuellement apport de remblai contrôlé.	
G Pose sur cornues ou sur échelles à câbles		N Alvéoles		S6 Câbles unipolaires posés en nappe espacée dans un caniveau préfabriqué enterré directement dans le sol avec éventuellement apport de remblai contrôlé.	
H Goulottes (fermées)		P Blocs manufacturés		V Lignes aériennes	
J Goulottes (goulottes ouvertes)		S1 Enterré directement (câbles armés)		W Immersion dans l'eau	
L1 Conduits dans caniveaux ouverts ou ventilés		S2 Enterré avec protection mécanique			

Courants admissibles :

Courants admissibles dans les câbles tripolaires à champ radial
de tension assignée supérieure à 6/6 (7,2) kV et inférieure ou égale à 18/30 (36) kV

Câbles isolés au polyéthylène réticulé (PR) ou au caoutchouc éthylène-propylène (EPR)

Température maximale admissible sur l'âme en régime permanent : 90 °C

Température ambiante : 30 °C dans l'air, 20 °C enterré

AMES EN CUIVRE			SECTION NOMINALE (mm²)	AMES EN ALUMINIUM		
(1) *	(2) *	(3)		(1) *	(2) *	(3)
125	140	125	16	96	105	95
160	175	160	25	125	135	125
190	210	195	35	145	165	150
225	250	230	50	175	195	175
270	305	280	70	210	235	220
330	370	345	95	255	285	265
370	420	395	120	290	325	305
415	465	450	150	320	360	345
465	525	510	185	360	410	395
540	610	600	240	420	475	470
(*) Valeurs données pour un terrain de résistivité thermique moyenne de 1 K.m/W.						

TABLEAU 52 C 23

**Courants admissibles dans les circuits constitués par trois câbles unipolaires
de tension assignée inférieure ou égale à 6/10 (12) kV**

Câbles isolés au polyéthylène réticulé (PR) ou au caoutchouc éthylène-propylène (EPR)

Température maximale admissible sur l'âme en régime permanent : 90 °C

Température ambiante : 30 °C dans l'air, 20 °C enterré

AMES EN CUIVRE			SECTION NOMINALE (mm²)	AMES EN ALUMINIUM		
(1) *	(2) *	(3)		(1) *	(2) *	(3)
99	110	93	10	77	87	72
125	145	120	16	98	110	95
165	185	160	25	125	145	125
195	225	200	35	150	175	150
230	265	235	50	180	205	185
285	325	295	70	220	250	230
340	390	360	95	260	300	280
385	445	420	120	300	345	325
430	500	475	150	335	385	370
485	560	550	185	380	440	425
560	650	650	240	440	510	510
630	730	740	300	500	580	580
720	840	860	400	570	660	680
800	940	990	500	640	750	790
910	1 060	1 140	630	740	860	920
1 000	1 170	1 300	800	830	970	1 070
1 100	1 270	1 450	1 000	920	1 070	1 220
1 160	1 350	1 570	1 200	990	1 150	1 340
1 220	1 420	1 680	1 400	1 050	1 230	1 450
1 280	1 480	1 770	1 600	1 100	1 290	1 530
(*) Valeurs données pour un terrain de résistivité thermique moyenne de 1 K.mW.						

