الفصل 1

أخطار التيار الكهربائي

يمكننا تقسيم أخطار التيار الكهربائي إلى قسمين:

1- أخطار تأثير التيار الكهربائي على جسم الإنسان.

2- أخطار تأثير التيار الكهربائي على الأجهزة الكهربائية.

1. أخطار تأثير التيار الكهربائي على جسم الإنسان:

يتسبب مرور التيار الكهربائي في جسم الإنسان نتيجة ملامسته لأجزاء حاملة للتيار في إحداث آثار خطيرة عليه لأن للتيار الكهربائي آثار حرارية قد تسبب الحروق و آثار كيميائية قد تتسبب في تحليل الدم و الخلايا العصبية.

- جسم الإنسان ناقل للتيار الكهربائي لذا فإنه يعتبر كمقاومة كهربائية يكون في حالة خطر إذا اجتازه تيار كهربائي قيمة شدته ابتداء من **1** ميلي أمبير (1 mA).

ابتداء من هذه القيمة فإن ظاهرة توتر المكهرب تتفاقم:

- إما أن يكون خطر التكهرب غير قاتل لكن تكون له آثار جانبية كفقدان التوازن أو السقوط من على سلم على سبيل المثال.
- أو أن يكون خطر التكهرب قاتل (صعق كهربائي) مسببا اختلاجات في القلب مؤدية إلى الموت.

الشكل 1

$I = U/R$

I: شدة التيار التي تعبر الجسم

R :مقاومة الجزء الذي يعبره التيار الكهربائي

U: الجهد الخاضع له جسم المكهرب (جهد اللمس)

أمثلة عن قيم بعض المقاومات

50000 Ω: أيدي جافة و خشنة

5000 Ω: مقاومة متوسطة

1000 Ω : مقاومة جسم الإنسان في ظروف غير ملائمة

من أجل توتر **V220** و مقاومة تساوي **5000 Ω** تكون قيمة شدة التيار الذي يعبر هذا الجسم تساوي **220/5000 = 0.044A**

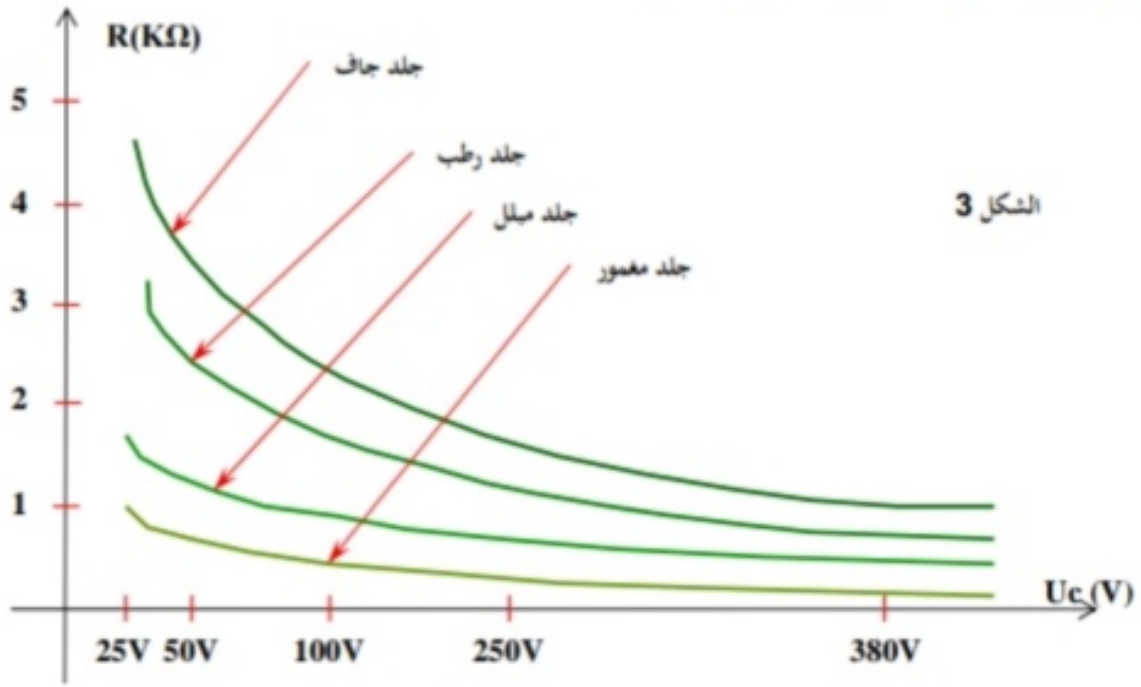
boucifadda@yahoo.fr

الشكل 2

تتغير مقاومة جسم الإنسان بشكل كبير بدلالة المقاييس المختلفة التالية:

1. التعب، الصحة و عمر الإنسان.
2. حالة جلد عند نقطة التلامس.
3. نوعية الجلد.
4. سطح التلامس.
5. الجهد المطبق في نقطة التلامس.

يوضح المنحنى الموالي مقاومة جسم الإنسان بدلالة الجهد.



الشكل 3

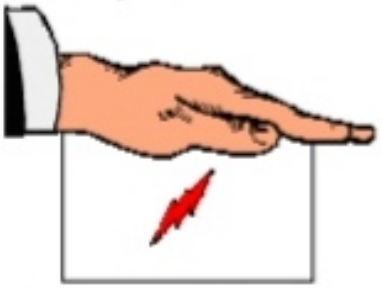
1-1) أثار التيار الكهربائي على جسم الإنسان:

يكمن الخطر الرئيسي للتيار الكهربائي على جسم الإنسان في تأثيره على اثنين من وظائف الجسم: التنفس و الدورة الدموية.

كما ينبغي أن لا نغفل عن مخاطر الحروق الناتجة عن مرور التيار الكهربائي عبر الجسم أو بسبب نشوء القوس الكهربائي.

1-1-1) الإحساس بالتيار الكهربائي:

يختلف إحساس الإنسان بمرور التيار الكهربائي من شخص إلى آخر، فمنهم من يشعر به أقل من القيمة **1** ميلي أمبير **(1 mA)** و منهم من لا يشعر به حتى تتعدى القيمة **2** ميلي أمبير **(2 mA)**



الشكل **4**

1-1-2) التقلص العضلي: من القيمة **10** حتى **20** ميلي أمبير ***(10 à 20 mA)***: يحس المكهرب بوخز (تنميل) يؤدي إلى انقباض في العضلات و بالتالي فقدان للسيطرة (السقوط من سلم مثلا).

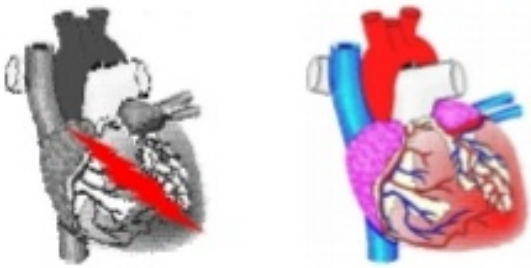
الشكل **5**

1-1-3) توقف التنفس: من القيمة **20** حتى **30** ميلي أمبير ***(20 à 30 mA)*** : ينتشر التصلب العضلي في باقي عضلات الجسم حتى الرئتين و بالتالي يؤدي إلى توقف التنفس.

الشكل **6**

1-1-4) تقلص عضلات القلب: ابتداء من القيمة **50** ميلي أمبير فأكثر ***(50mA et au dessus)***:

تؤدي شدة التيار الكهربائي إلى تقلص عضلات القلب حتى توقف النبض (موت المصاب)، و تستدعي هذه الحالة التدخل الفوري للاستعجالات الطبية (التنفس الاصطناعي).



الشكل **7**

boucifadda@yahoo.fr

1-1-5) خطر الاحتراق: يمكننا إحصاء خطر آخر ناتج عن التيار الكهربائي و هو خطر الاحتراق، و هو ما نجده بكثرة في الحوادث المنزلية و حوادث العمل، و نميز نوعين من هذه الحروق:

الشكل 8

أ- **حروق ناتجة عن القوس الكهربائي *La brûlure par arc***: هي عبارة عن الحروق الناتجة عن انتشار الحرارة المنبعثة من القوس الكهربائي.

- يمكن أن يؤدي القوس الكهربائي إلى الإصابة بفقدان البصر.
- في حالة وجود غاز أو غبار أو وقود، شرارة صغيرة من القوس الكهربائي كافية للتسبب في احتراق المكان أو انفجاره.

الشكل 9

ب- **حروق كهروحرارية *La brûlure électrothermique***: الحروق الناتجة عن اجتياز التيار الكهربائي لجسم الإنسان.

الشكل 10

boucifadda@yahoo.fr

1-1-6) ملخص أثار التيار الكهربائي على جسم الإنسان:

الشكل 11

ملاحظة: تختلف النتيجة المعطاة أعلاه حسب الحالة الفيزيولوجية لجسم المكهرب و كذلك حسب تغير مقاييس فيزيائية خضع لها الجسم أثناء الحادث: كمسار مرور التيار في الجسم و مقاومة الجسم و التوتر الخاضع له الجسم و نوعية التماس (تماس مباشر أو غير مباشر) و مدة مرور التيار في الجسم.

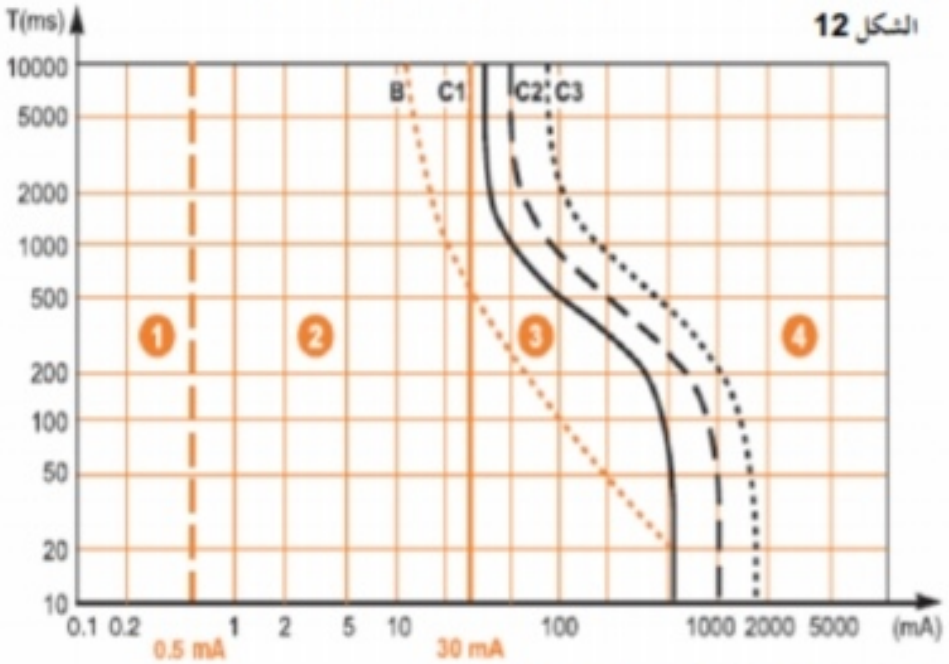
boucifadda@yahoo.fr

1-1-7) مدة سريان التيار الكهربائي :

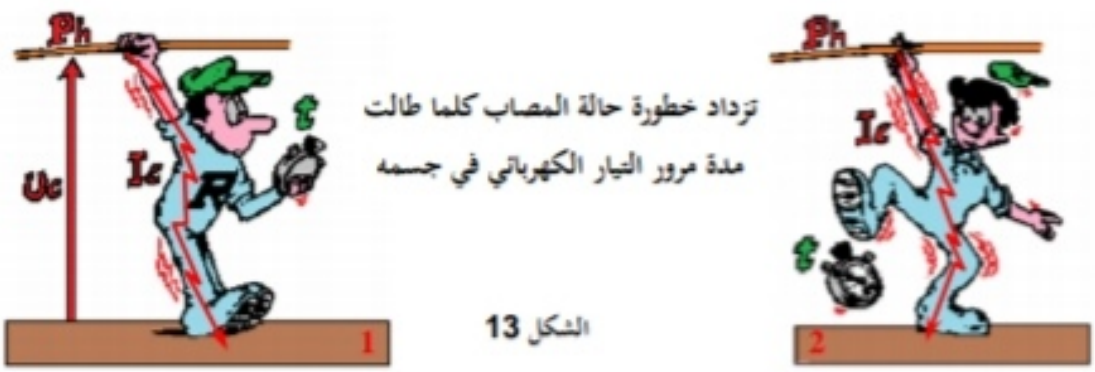
تتعلق مقاومة جلد الإنسان بزمن التأثير الكهربائي المار عليه ، فهي عالية في البداية و تتناقص مع مرور الزمن ، إذ يؤدي مرور التيار الكهربائي لارتفاع حرارة الجلد و تعرقه و تأينه ، مما يؤدي لحرق الجلد و انخفاض مقاومته.

- يبين لنا المنحنى التالي (لشكل **12**) العلاقة بين تيار التكهرب و زمن التكهرب.

الشكل **12**



- المنطقة **1** : إحساس بسيط جداً بالتيار ، لا يوجد أي تأثير.
- المنطقة **2**: إحساس مزعج بالتيار ، لا يوجد أضرار فيزيولوجية (يسار المنحنى **B**).
- المنطقة **3**: إحساس بالصدمة ، قد تحدث بعض التقلصات العضلية ، لا يوجد أي تلف عضوي.
- المنطقة " يمين**C1** : تقلصات عضلية،ضيق في التنفس ، اضطرابات وتليف للعضلة القلبية:
  - **C1-C2** : نسبة الخطر = 5 %
  - **C2-C3** : نسبة الخطر > 50 %
  - بعد **C3** : نسبة الخطر < 50 %



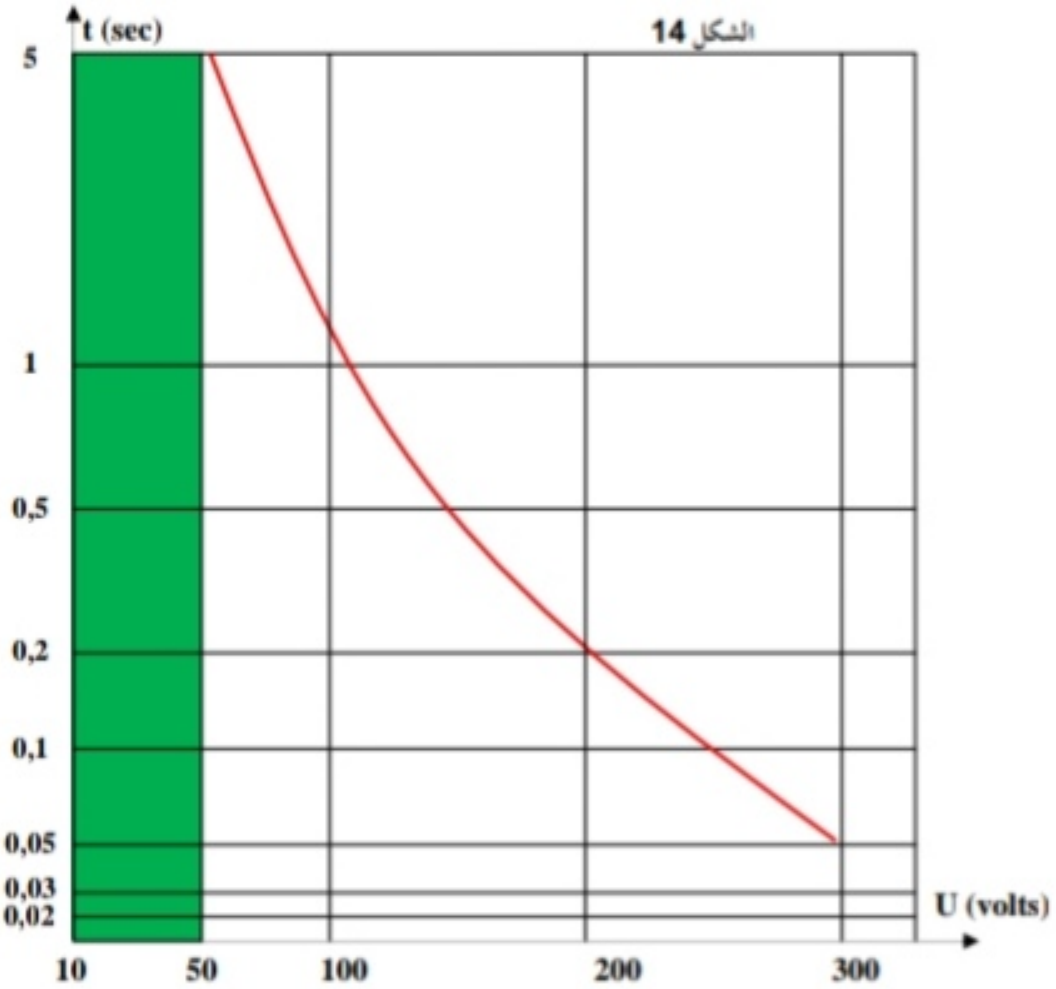
تزداد خطورة حالة المصاب كلما طالت مدة مرور التيار الكهربائي في جسمه

الشكل **13**

boucifadda@yahoo.fr

1-1-8) التوترات الكهربائية الخطيرة:

فريق عمل مكون من أطباء و خبراء أمن وضعوا منحنى يحدد توترات تماس غير خطيرة (آمنة) بدلالة الزمن.



الشكل 14

- في الواقع، إن مقاومة الجسم البشري، وخاصة الجلد، هو أول جدران مقاوم لمرور التيار تختلف مقاومته بشكل كبير جدا وفقا للبيئة التي يقع فيها. **50V** للأماكن الجافة، و يتم تقليل الجهد **25V** للأماكن الرطبة (قد يكون الجلد رطب)، و **12V** للغرف المغمورة (حمام مثلا).

boucifadda@yahoo.fr

- يكون التوتر الكهربائي خطيرا إذا تعدت قيمته التوتر الحدي الآمن (*La tension limite* U_L) الذي يحدده النظام *NFC15-100*. حسب ما هو موضح في الجدول التالي:

التوتر الحدي *UL*	طبيعة الموضع
50 V	- الأماكن السكنية (ما عدا الحمامات) - المناطق الصناعية و التجارية الجافة. - المكاتب.
25 V	- المناطق الصناعية و التجارية الرطبة. - ورشات العمل، المساكن المقطورة. - أروقة المسابح (أين تكون الأرجل حافية). - الأماكن الخارجية و الأماكن الناقلة للتيار الجافة. - المرشات الجماعية،أرصفة الشواطئ و المرافئ.
12 V	- حماية الحمامات و المسابح. - الأماكن الرطبة الناقلة للتيار.

2. أخطار تأثير التيار الكهربائي على الآلات الكهربائية:

2-1) الحمولة الزائدة Surcharges :

السبب:

ينتج خطر الحمولة الزائدة عند استعمال آلة كهربائية ذات استطاعة أكبر من استطاعة الشبكة الكهربائية مثل تغذية عدة آلات من نفس المأخذ الكهربائي في وقت واحد.

الشكل15

أ. الآثارالناتجة:

يؤدي ذلك إلى احتراق الآلات أو احتراق النواقل الكهربائية.

boucifadda@yahoo.fr

2-2) دارة القصر Court-circuit:

السبب :

يحدث هذا النوع من الأخطار عند التماس المفاجئ لناقلين غير معزولين يمر فيهما تيار كهربائي مع بعضهما كسقوط ناقل كهربائي أو حادث ميكانيكي داخل آلة كهربائية.

الشكل16

الآثار الناتجة :

- تؤدي دارة القصر إلى الارتفاع المفاجئ لشدة التيار الكهربائي و احتراق النواقل.
- حدوث القوس الكهربائي.
- خلق قوى كهروديناميكية بين النواقل.

2-3) ارتفاع التوترات الكهربائية Surtensions:

السبب :

يحدث هذا النوع من الأخطار عند حدوث خطأ عزل مع شبكة كهربائية ذات توتر مرتفع مثل خطأ العزل داخل محول كهربائي.

الآثار الناتجة :

ارتفاع التوترات الكهربائية يمكن أن يؤدي إلى انهيار العزل، مما يسبب في الحمل الزائد أو دارة قصر و تدهور المعدات و خطوط الشبكة الكهربائية.

2-4) انخفاض التوترات الكهربائية Baisse de tensions:

السبب :

يحدث هذا النوع من الأخطار في الشبكات الكهربائية ثلاثية الأطوار غير المتوازنة (التقسيم غير المتكافئ للحمولة بين الأطوار أو انقطاع أحد الأطوار و تماسه مع الأرض)،

الآثار الناتجة :

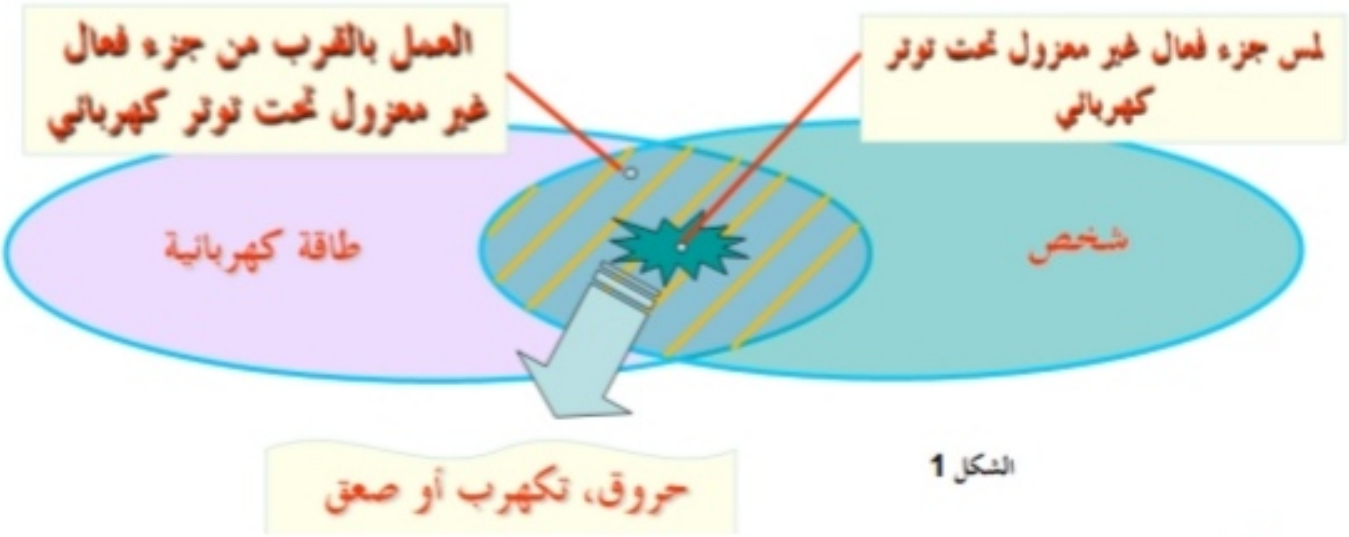
يؤدي هذا الخطر إلى ارتفاع الحرارة للآلات الكهربائية أو عدم عملها بشكل جيد.

boucifadda@yahoo.fr

1. اللمس المباشر:

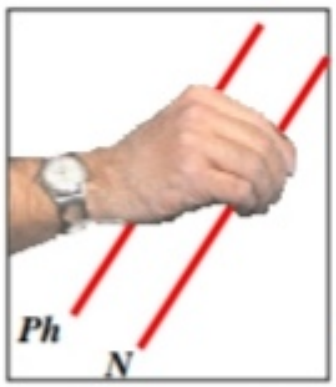
هو حدوث صدمة كهربائية (تكهرب) نتيجة (تماس مباشر مع الأجزاء الفعالة) أثناء وجود التوتر.

مثلاً : النواقل الكهربائية العارية، نهايات النواقل المعزولة، أو المرابط غير المحمية.



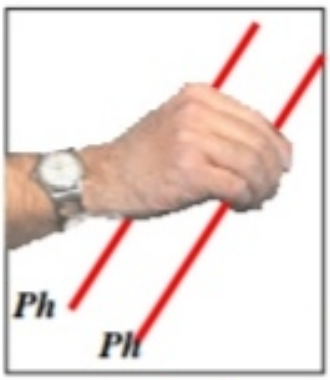
الشكل 1

- أمثلة:



الشكل 2

لمس طور و حيادي



الشكل 3

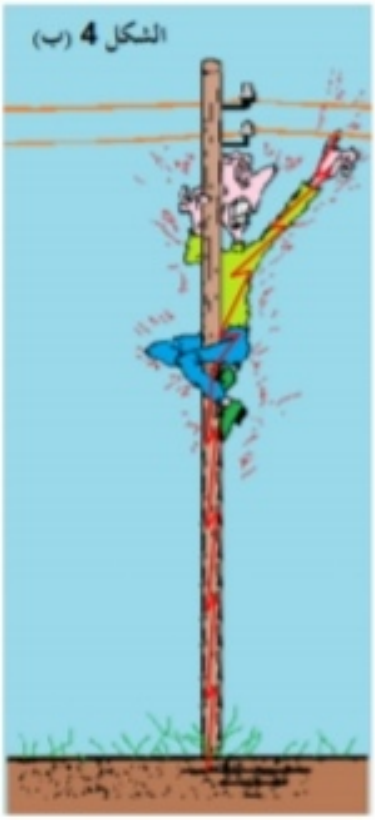
لمس طورين معا

boucifadda@yahoo.fr

الشكل 4 (أ)

لمس طور و الأرض معا

الشكل 4 (ب)



2. اللمس غير المباشر:

هو حدوث صدمة كهربائية (تكهرب) نتيجة (تماس مع أجسام آلات مكهربة) (وجود خلل ما في العازلية : إنهيار جزئي أو كلي).

مثال: هيكل محرك كهربائي

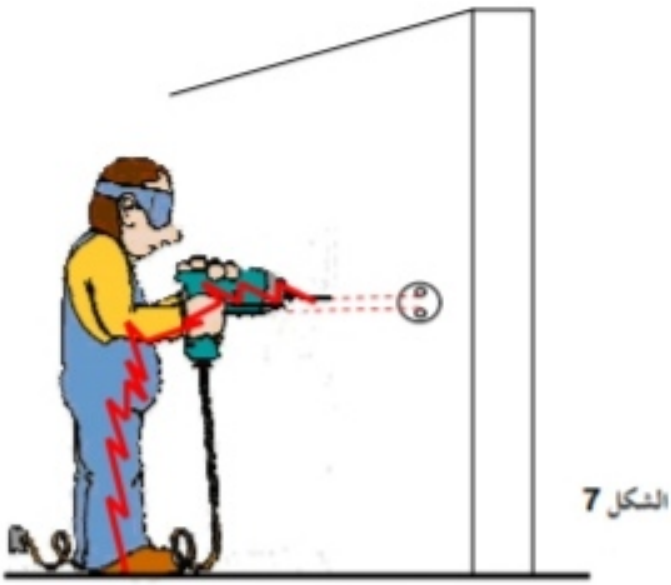
الشكل 5

boucifadda@yahoo.fr

- أمثلة:

الشكل 6

لمس غطاء آلة غير معزول



الشكل 7

لمس ناقل كهربائي أثناء ثقب جدار

boucifadda@yahoo.fr